الفصل الاول

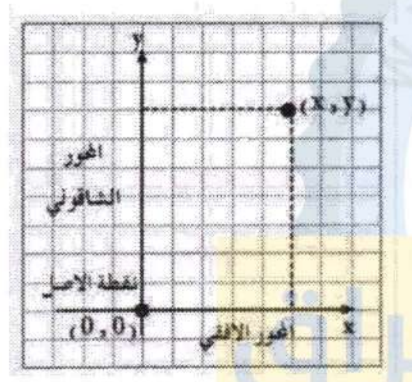
المتجهات Vector

المتجهات Vector

الاحداثيات / هي أنظمة تستعمل لتحديد موقع اي نقطة او جسم سواءً كان ساكناً او متحركاً وتقسم الى:

١- **الاحداثيات الكارتيزية / Rectangular Coordinates**

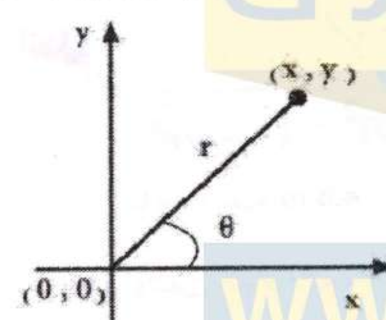
٢- **الاحداثيات القطبية / Polar Coordinates .**



الاحداثيات الكارتيزية /

هو نظام يستعمل لتحديد موقع اي نقطة في مستوى معين ويتكون من محورين هما المحور الافقي x والمحور الشاقولي y ومتعامدان ومتقاطعان عند نقطة الاصل التي احداثياتها (0 , 0).

❖ لتحديد موقع اي جسم على الاحداثي الكارتيزي يكتب بأسم المحورين (y ، x) للدلالة على الكمية الفيزيائية ووحدة قياس المستعملة لقياسهما.



الاحداثيات القطبية /

هو نظام يستعمل لتحديد موقع اي نقطة في مستو معين ويتكون من البعد r (بعد الجسم عن نقطة الاصل) والزاوية θ المحصورة (هي الزاوية التي يصنعها الجسم مع المحور الافقي X).

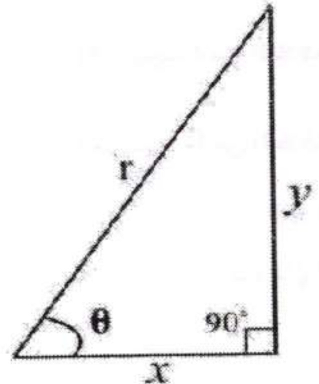
❖ لتحدي موقع اي جسم على الاحداثي القطبي يكتب بأسم البعد r والزاوية θ (r , θ) للدلالة على الكمية الفيزيائية ووحدة قياس المستعملة لقياسهما.

س/ هل يمكن تطبيق الاحداثي القطبي لتحديد موقع جسم دون الاحداثي الكارتيزي ولماذا؟

ج/ كلا لان البعد r في الاحداثي القطبي هو الخط المستقيم الواصل بين نقطة الاصل (0 , 0) وموقع الجسم على الاحداثي الكارتيزي (y ، x) والزاوية θ تمثل الزاوية التي يصطنعها الخط المستقيم مع المحور الافقي x.

العلاقة بين الاحداثيات الكارتيزية والقطبية :

العلاقة بين الاحداثيات الكارتيزية (X , y) والاحداثيات القطبية (r , θ) يمكن ملاحظتهما من المثلث في الشكل التالي:



أولا: للتحويل من الاحداثي الكارتيزي (X , y) الى احداثي القطبي (r , θ) نطبق العلاقات التالية

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\tan\theta = \frac{y}{x} \rightarrow \theta = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

ثانيا: للتحويل من الاحداثي القطبي (r, θ) الى الاحداثي الكارتيزي (x, y)

نطبق العلاقات التالية :

1) $x = r\cos\theta$ ....

2) $y = r\sin\theta$ ....

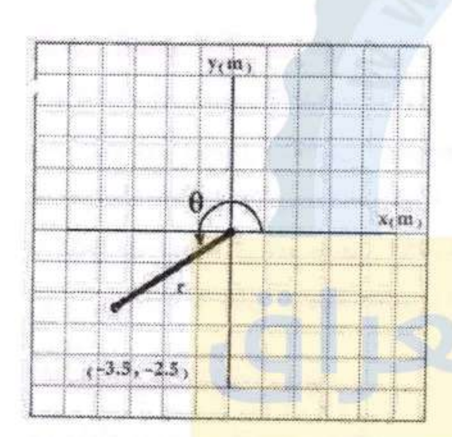
معلومات رياضية مهمة للتحويل من الاحداثي الكارتيزي الى القطبية

1- النقطة (X , y) تقع في الربع الاول فان اتجاهها θ .

2- النقطة $(-X , y)$ تقع في الربع الثاني فان اتجاهها $180° - \theta$

3- النقطة $(-X , -y)$ تقع في الربع الثالث فان اتجاهها $180° + \theta$

4- النقطة $(X , -y)$ تقع في الربع الرابع فان اتجاهها $360° - \theta$



مثال / **اذا كانت المحاور الكارتيزية لنقطة تقع في المستوي (x,y) هي $(-3.5 , -2.5)$ عين المحاور القطبية لهذه النقطة علما ان $\tan 35.53 = 0.714$**

الحل /

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$r = \sqrt{(-3.5)^2 + (-2.5)^2}$$

مقدار المتجه $r = 4.3\ m$

ولتعين اتجاه المتجه r نستعمل العلاقة

$$\tan\theta = \frac{y}{x} = \frac{-2.5\ m}{-3.5\ m} = 0.714$$

$\theta = \tan^{-1} 0.714$ نجد الزاوية التي ظلها 0.714 من الجداول او الحاسبة وتكون $35.53 = \theta$

ولكن المتجه r يقع في الربع الثالث $\theta = 180 + 35.53 = 215.53$ اذن $(r,\theta) = (4.3 , 215.53)$

مثال/ **حول الاحداثيات التالية من نظام كارتيزي الى نظام قطبي**

$\vec{A}(3,-4)$, $\vec{B}(-4,3)$, $\vec{C}(-6,-6)$

الحل/ $\vec{A}(3,-4)$

(1) نجد r من العلاقة التالية :

$$R = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(3)^2 + (-4)^2} = \sqrt{(9) + (16)} = \sqrt{25} = 5 \text{ unit}$$

(2) نجد θ من العلاقة التالية :

$$\tan\theta = \frac{y}{x} = \frac{-4}{3}$$

∴ $\theta = 53°$ (وجدناها من الجداول او حاسبة الجيب الصغيرة)

لذا فان θ تقع في الربع الرابع ، وعليه تكون θ

$\theta = 360 - 53 = 307°$ فيكون الاحداثي القطبي هو $(5 , 307°)$

$\vec{B}(-4,3)$

ان الاحداثيات القطبية هي: (r, θ)

(1) نجد r من العلاقة التالية:

$$R = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(-4)^2 + (3)^2} = \sqrt{(16) + (9)} = \sqrt{25} = 5 \text{ unit}$$

(2) نجد θ من العلاقة التالية:

$$\tan\theta = \frac{y}{x} = \frac{3}{-4}$$

∴ $\theta = 37°$ (وجدناها من الجداول او حاسبة الجيب الصغيرة)

لذا فان θ تقع في الربع الثاني ، وعليه تكون θ

$\theta = 180 - 37 = 143°$ فيكون الاحداثي القطبي هو $(5, 143°)$

$\vec{C}(-6,-6)$ ان الاحداثيات القطبية هي: (r, θ)

(1) نجد r من العلاقة التالية: $R = \sqrt{x^2 + y^2} = \sqrt{(-6)^2 + (-6)^2} = \sqrt{(36) + (36)} = 6\sqrt{2} \text{ unit}$

(2) نجد θ من العلاقة التالية: $\tan\theta = \frac{y}{x} = \frac{-6}{-6} = 1$

∴ $\theta = 45°$ (وجدناها من الجداول او حاسبة الجيب الصغيرة)

لذا فان θ تقع في الربع الثالث ، وعليه تكون θ

$\theta = 180 + 45 = 225°$ فيكون الاحداثي القطبي هو $(6\sqrt{2}, 225°)$

استفد من الجدول الزايا الخاصة الاكثر استخداما :

	0°	30°	60°	45°	37°	53°	90°	180°	270°
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{5}$	1	0	−1
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{3}{5}$	0	−1	0
tan	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{3}$	غير معرف	0	غير معرف

معلومات رياضية هامة للتحويل من الاحداثي القطبي الى الاحداثي الكارتيزي:

★ **نلاحظ الزاوية المعطاة عند أي ربع تقع فاذا كانت:**

١- $(0 < \theta < 90)$ فانها تقع في الربع الاول عندها تعوض مباشرةً مع مراعاة اشارة ((+) Cos (+), Sin).

٢- $(90 < \theta < 180)$ فانها تقع في الربع الثاني عندها تطرح من **180°** $(180 - \theta)$
مع مراعاة اشارة ((+) Cos (−), Sin).

٣- $(180 < \theta < 270)$ فانها تقع في الربع الثالث عندها تطرح **180°** من الزاوية θ $(\theta - 180)$
مع مراعاة اشارة ((−) Cos (−), Sin).

٤- $(270 < \theta < 180)$ فانها تقع في الربع الرابع عندها تطرح من **360°** $(\theta - 180)$
مع مراعاة اشارة ((-) Cos (+), Sin).

مثال/ حول الاحداثيات التالية من نظام قطبيالى نظام كارتيزي

الحل/ 1 $(4, 60°)$

$r=4$, $\theta=60°$ تقع في الربع الاول فان اشارة $(Cos(+), Sin(+))$

$x = r\cos 60° = 4\frac{1}{2} = 2$

$y = r\sin 60° = 4\frac{\sqrt{3}}{2} = 2\sqrt{3}$

∴ الاحداثي الكارتيزي لها $(2, 2\sqrt{3})$

---

2 $(5, 127°)$

الحل/ $r=5$, $\theta=127$ تقع في الربع الثاني $\theta = 180-127=53°$ فأن اشارة $(Cos(-), Sin(+))$

$x = r\cos\theta° = 4\frac{3}{-5} = -3$, $y = r\sin\theta° = 5\frac{4}{5} = 4$

∴ الاحداثي الكارتيزي لها $(-3, 4)$

---

3 $(8, 210°)$

الحل/ $r=8$, $\theta=210$ تقع في الربع الثالث $\theta = 210-180=30$ فأن اشارة $(Cos(-), Sin(-))$

$x = r\cos\theta° = 8\frac{\sqrt{3}}{-2} = -4\sqrt{3}$, $y = r\sin\theta° = 8\frac{1}{-4} = -4$

∴ الاحداثي الكارتيزي لها $(-4\sqrt{3}, -4)$

---

4 $(2, 315°)$

الحل/ $r=2$, $\theta=315$ تقع في الربع الرابع $\theta = 360-315=45$ فأن اشارة $(Cos(+), Sin(-))$

$x = r\cos\theta° = 2\frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$, $y = r\sin\theta° = 2\frac{1}{-\sqrt{2}} = -\sqrt{2}$

∴ الاحداثي الكارتيزي لها $(\sqrt{2}, -\sqrt{2})$

فكر/ اذا كانت الاحداثيات الكارتيزية لنقطة هي (2,Y) والاحداثي القطبي لها (r , 30°) عين قيمة (y, r).

الكميات القياسية والكميات المتجه :

الكميات القياسية : وتسمى كميات مقدارية او عددية

(scalar quantites) يتم وصفها وقياسها بذكر مقدارها العددي مع ذكر وحده قياسها وعند حسابها تخضع لقوانين الجبرة الاعتيادي مثال ذلك

المسافة (d) ، الانطلاق (S) الكتلة (m) ، الشغل (w) ، الزمن (t) ، درجة الحرارة (T) ، الحجم (v) .

الكميات المتجه : ويتم وصفها وقياسها بذكر مقدارها واتجاهها وعند حسابها تخضع لقوانين الجمع الاتجاهي وتمثل برمز فوقه سهم للدلالة على انها كمية متجه مثال ذلك الازاحة ($\vec{x}$) ، السرعة ($\vec{v}$) ، التعجيل ($\vec{a}$) القوة ($\vec{F}$) ، المجال الكهربائي ($\vec{E}$)

ملاحظات

(1) اي كمية متجه داخل علامة المطلق اي $|\vec{A}|$ فانها تمثل مقدارها وتكون القيمة دائماً موجبة .

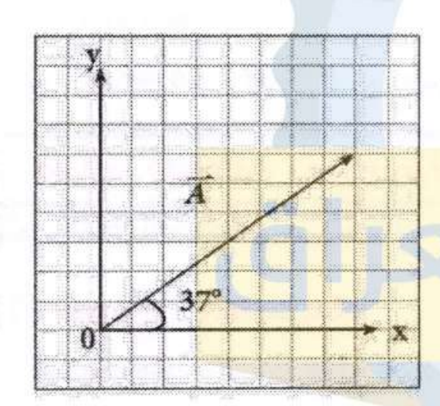
(2) تمثل الكميات المتجه بيانياً بسهم بحيث .

a) طول السهم يمثل مقدار الكمية المتجه وذلك باستعمال مقياس رسم مناسب .

b) اتجاه السهم يشير الى اتجاه الكمية المتجه

c) نقطة البداية هي نقطة تاثير المتجه .

مثلا /

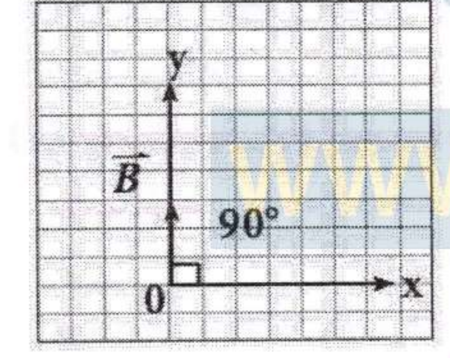


في الشكل المجاور المتجه $\vec{A}$ مقداره 10 وحدات .

واتجاهه 37° مع محور x الموجب ونقطة التاثير (نقطة البداية) هي O

في الشكل المجاور المتجه $\vec{B}$ مقداره 3 وحدات

واتجاهه $\theta = 90°$ مع محور X الموجب ونقطة التأثير O .



ملاحظة :

في بعض كتب الفيزياء يرمز للمتجه بحرف غامق اي لايوجد سهم اعلى الرمز اي $\vec{F} = \mathbf{F}$

س/ صنف الكميات التالية الى كميات متجهه وقياسية معبرا عنها بالرمز المناسب .

ج /

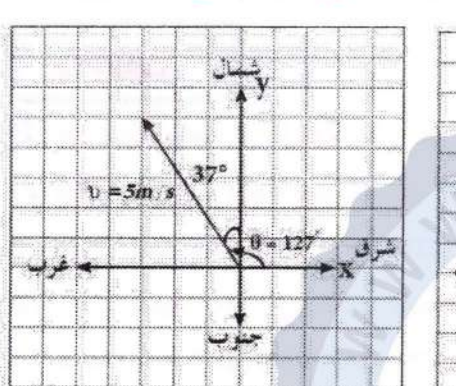
الكمية	رمزها	نوعها
المسافة	d	قياسية
القوة	$\vec{F}$	متجه
تيار كهربائي	I	قياسية
تعجيل	$\vec{a}$	متجه

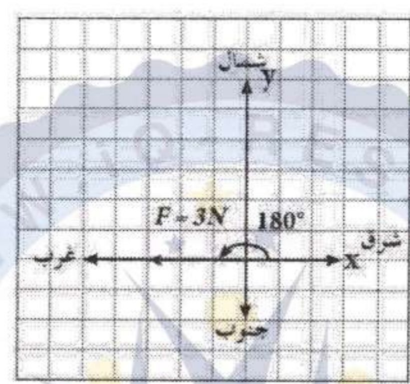
الكمية	رمزها	نوعها
مجال كهربائي	$\vec{E}$	متجه
زمن	T	قياسية
شحنة كهربائية	q	قياسية

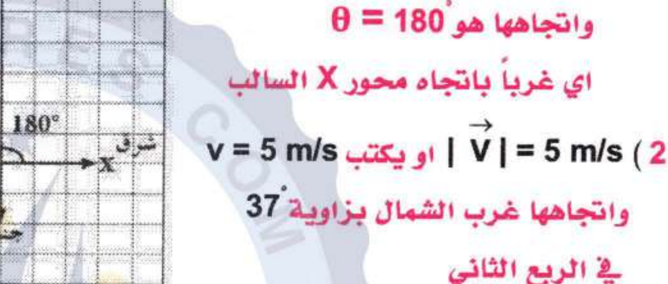
س/ عبر عن الكميات المتجه التالية رياضيا وبيانيا .

(1) القوة $\vec{F}$ مقدارها 3 N تؤثر في جسم باتجاه الغرب .

(2) جسم سرعته $\vec{V}$ مقدارها 5 m/s باتجاه يصنع زاوية مقدارها 37° غرب الشمال .







ج/ 1) $|\vec{F}| = 3N$ او يكتب $F = 3N$

واتجاهها هو $\theta = 180^\circ$

اي غرباً باتجاه محور X السالب

2) $|\vec{V}| = 5\ m/s$ او يكتب $v = 5\ m/s$

واتجاهها غرب الشمال بزاوية 37°

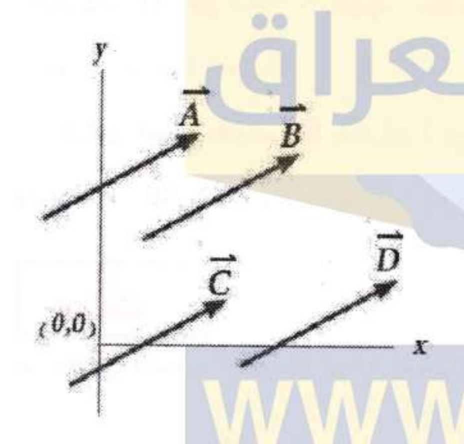
في الربع الثاني

اي $\theta = 37 + 90 = 127^\circ$ مع الاتجاه الموجب لمحور X.

خصائص المتجهات Properties of Vectors :

تتميز المتجهات بالخصائص التالية

(1) التساوي / Equality :



جميع المتجهات التي لها نفس المقدار (نفس طول السهم)

ونفس الاتجاه بغض النظر عن نقطة البداية فان المتجهات متساوية



(مقدارا واتجاها) . ومن الشكل التالي سيكون $\vec{A} = \vec{B} = \vec{C} = \vec{D}$

(2) سالب المتجة / Negative of a vector:

سالب المتجه/ هو متجه يمتلك المقدار نفسه للمتجه $\vec{A}$

الا انه يعاكسه بالاتجاه.

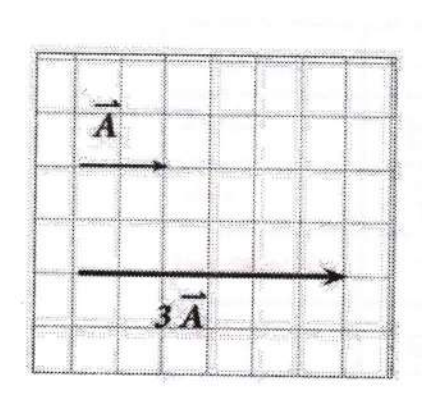
يرمز لسالب المتجه $\vec{A}$ بالرمز $-\vec{A}$

ان المتجه وسالب المتجه يكونان متساويين بالمقدار ومتعاكسين بالاتجاه

(اي لهما نفس طول السهم)

(3) ضرب المتجه بكمية قياسية (كمية مقدارية)

س/ ماذا يحصل عند ضرب المتجه بكمية قياسية؟



ج/ أي متجه يضرب بكمية قياسية ينتج عنه متجه اخر بنفس الاتجاه لكن مقداره مختلف

مثال ذلك /



عند ضرب المتجه $\vec{A}$ بالمقدار 3 فانه ينتج 3A وبنفس الاتجاه

كذلك $\vec{F} = m\vec{a}$ القوة بنفس اتجاه التعجيل

$\vec{F} = q\vec{E}$ القوة بنفس اتجاه المجال الكهربائي

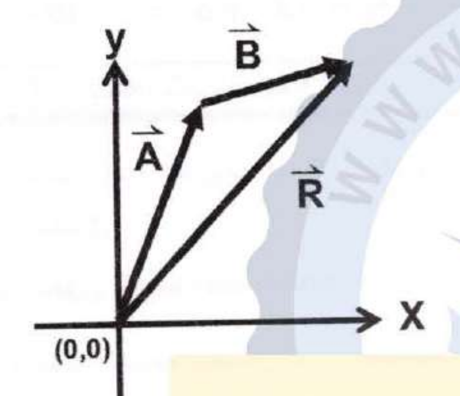
حيث m الكتلة ، q الشحنة (كميات مقدارية)

جمع المتجهات Vectors addtition

الكميات المتجه لاتجمع جبرياً وانما هندسياً وهناك طريقتين .

عند جمع متجهين او اكثلا لابد ان تكون هذه المتجهات لمقدار فيزيائي واحد فلا يمكن مثلاً جمع متجه الازاحة مع متجه السرعة وهناك عدة طرق لجمع المتجهات:

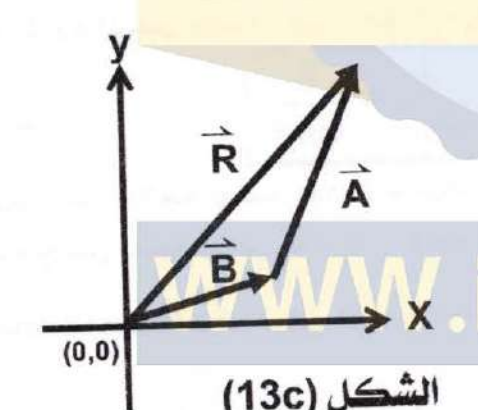
1- طريقة الراس والتذييل



الشكل (13b)

نرسم المتجه $\vec{A}$ ثم نقوم بوضع ذيل لمتجه $\vec{B}$ عند رأس المتجه $\vec{A}$ ثم نصل بخط مستقيم بين ذيل المتجه $\vec{A}$ ورأس المتجه $\vec{B}$ ويمثل هذا الخط المستقيم متجه حاصل الجمع ويسمى $\vec{R}$ متجه المحصل ((لاحظ الشكل))

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$



الشكل (13c)

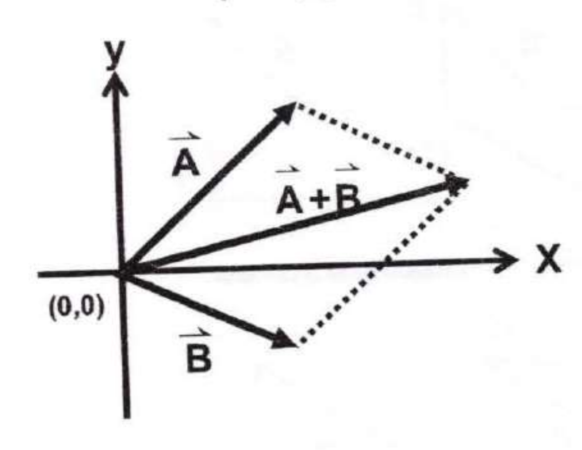
- يمكن رسم المتجه الثاني $\vec{B}$ أولاً ثم نضع ذيل لمتجه $\vec{A}$ عند رأس المتجه $\vec{B}$ ((لاحظ الشكل))

عندما محصله المتجه $\vec{R}$ هو نفسه

مما يعني ان $\vec{A} + \vec{B} = \vec{B} + \vec{A}$

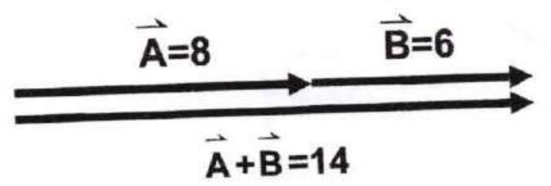
اي جمع المتجهات تمتاز بالخاصية الابدالية.

2 - طريقة متوازي الاضلاع



يرتبط ذيل المتجه الاول $\vec{A}$ بذيل المتجه الثاني $\vec{B}$ ومن ثم وعلى امتداد المتجهين يرسم متوازي الاضلاع ويكون قطره من نقطة تلاقي المتجهين هي محصلة جمع المتجهين $(\vec{A} + \vec{B})$

3 - جمع المتجهات المتوازية



المتجهات المتوازية والتي بنفس الاتجاه تجمع جمعاً جبرياً اما المتجهات المتوازية والتي بعكس الاتجاه تطرح جبرياً ((مع مراعاة اشارات المتجهات على المحاور الكارتيزية)).

4 - جمع المتجهات المتعامدة

تستعمل هذه الطريقة عندما تكون الزاوية بين المتجهين $\vec{B},\vec{A}$ قائمة (90°)

وبذلك يمكننا تطبيق نظرية فيثاغورس

لايجاد مقدار المتجه المحصلة للمتجهين $(\vec{B}\ ,\ \vec{A})$

$$R=\sqrt{8^2+6^2}=\sqrt{100}=10$$

$\vec{A}+\vec{B}=10$ $\vec{B}=6$ $\vec{A}=8$

5 - جمع المتجهات الغير متعامدة

- تستعمل هذه الطريقة اذا كانت الزاوية بين المتجهين $\vec{B},\vec{A}$ لا تساوي (90°) ويمكن جمع المتجهين غير المتعامدين باستعمال:

أولا/ قانون جيب التمام (cosine)

مربع مقدار المتجه المحصل يساوي مجموع مربعي مقداري المتجهين مطروحاً منه ضعف حاصل ضرب مقداري المتجهين مضروباً في cosine الزاوية التي بينهما والمقابلة الى $\vec{R}$

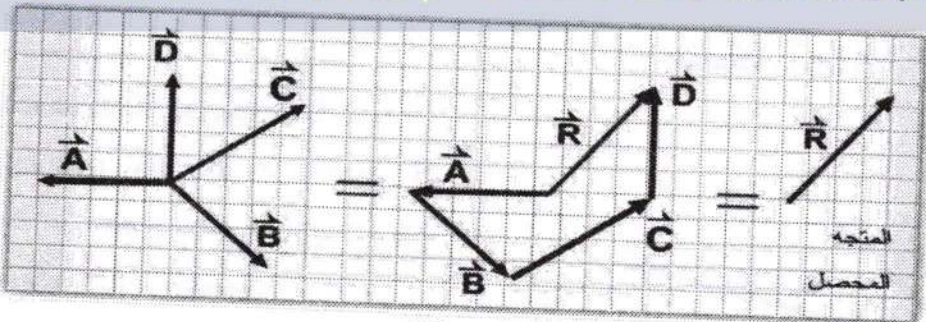
$$R^2=A^2+B^2-2AB\cos$$

ثانيا/ قانون الجيب Sine

مقدار المتجه المحصل مقسوماً على sine الزاوية التي تقابله يساوي مقدار أحد المتجهين مقسوماً على sine الزاوية التي تقابله.

$$\frac{R}{\sin\alpha}=\frac{A}{\sin\alpha}=\frac{B}{\sin\beta}$$

- يمكن ايجاد المتجه المحصل لثلاثة متجهات او أكثر والتي تبدأ من نقطة التأثير نفسها ويتم جمع هذه المتجهات بوضع ذيل المتجه الثاني عند رأس المتجه الاول وثم ذيل المتجه الثالث عند رأس المتجه الثاني وهكذا ثم يرسم متجه المحصل $\vec{R}$ بحيث يكون ذيل $\vec{R}$ عند ذيل المتجه الاول ورأسه ينطبق على رأس المتجه الاخير كما في الشكل

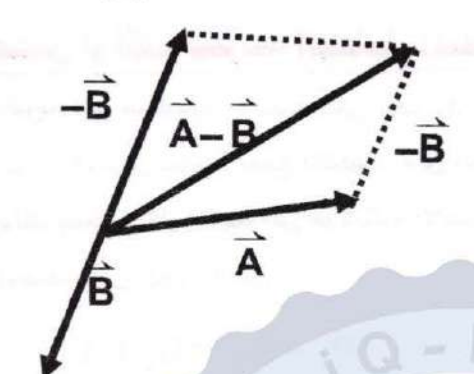


الشكل (16a)

حالة اخرى لجمع المتجهات

الشكل (16b)

طرح المتجهات

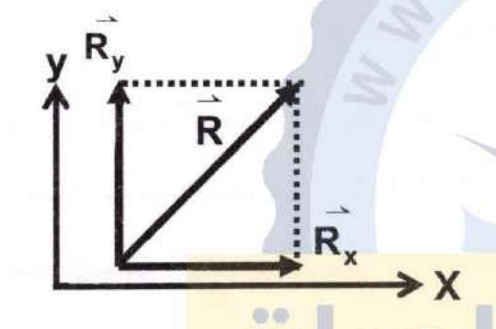


يمكن ان نعرف حاصل طرح المتجهين $(\vec{A},-\vec{B})$

على انه حاصل جمع المتجهين $(\vec{A},-\vec{B})$

اي ان : $\boxed{\vec{A}-\vec{B} = \vec{A} + (-\vec{B})}$

تحليل المتجه



يبين الشكل التالي المتجه $\vec{R}$ وقد تم تحليله الى مركبتين تمثلان متجهين متعامدين احدهما يوازي المحور X

(ويسمى المركبة الافقية) ويمثلها المتجه $\vec{R}_x$

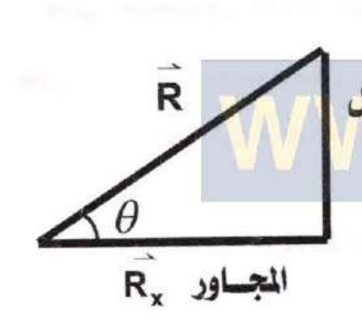
والاخر يوزاي المحور Y (ويسمى المركبة الشاقولية)

ويمثلها المتجه $\vec{R}_y$ وهذه تسمى عملية تحليل المتجه الى المركبات.

❖ حيث ان $(\vec{R}_x , \vec{R}_y)$ يمثلان ضلعان قائمان في مثلث قائم الزاوية والمتجه المحصل $\vec{R}$ يمثل الوتر في المثلث

ويحسب مقداره طبقاً لنظرية فيثاغورس كما يأتي: $R = \sqrt{\vec{R}_x^2 + \vec{R}_y^2}$

اما اتجاه $\vec{R}$ يحدد بالزاوية θ حيث ان $\boxed{\tan\theta = \dfrac{R_y}{R_x}}$



❖ ولمعرفة مقدار مركبتيه الشاقولية والافقية نستعمل المعادلتين

مقدار المركبة الافقية $\boxed{R_x = R\cos\theta}$

مقدار المركبة الشاقولية $\boxed{R_y = R\sin\theta}$

مثال 3/ اذا كان مقدار المتجه $\vec{A}$ يساوي 175m ويميل بزاوية 53° عن المحور x جد مركبتي المتجه $\vec{A}$.

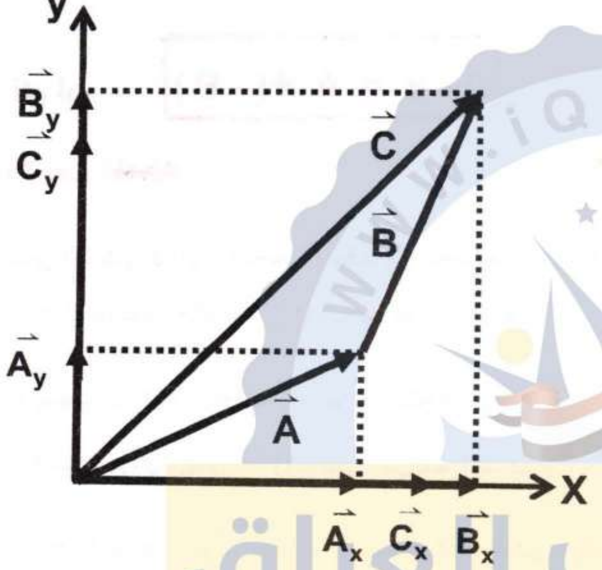
الحل: $\theta = 53^\circ \ , A = 175\text{m}$

$A_x = A\cos 53^\circ = 175 \times \frac{4}{5} = 140\text{m}$ المركبة الافقية

$A_y = A\sin 53^\circ = 175 \times \frac{3}{5} = 105\text{m}$ المركبة الشاقولية

ايجاد محصلة متجهين او أكثر بطريقة التحليل المتعامد

❖ ان عملية تحليل المتجه الى مركبتيه الافقية على المحور x والشاقولية على المحور Y يسهل عملية جمع المتجهات من الناحية الحسابية فيمكن جمع متجهين أو أكثر مثل $\vec{A}$، $\vec{B}$، $\vec{C}$ .....الخ وذلك بتحليل كل متجه الى مركبتيه الافقية والشاقولية أولاً ثم تجمع المركبات الافقية فتكون المركبة الافقية المحصلة على المحور x هي:



$$\vec{R}_x = \vec{A}_x + \vec{B}_x + \vec{C}_x$$

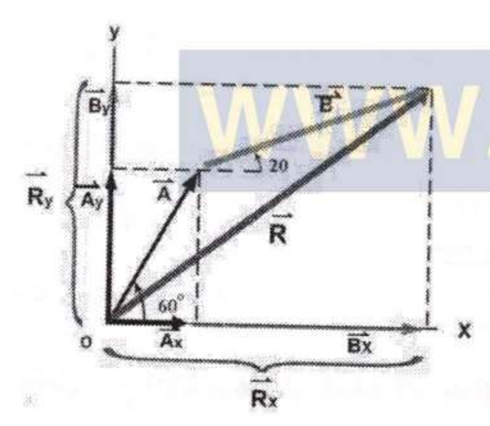
وتجمع المركبات الشاقولية المحصلة على المحور Y:

$$\vec{R}_y = \vec{A}_y + \vec{B}_y + \vec{C}_y$$

وبما ان $\vec{R}_y$ و $\vec{R}_x$ متعامدان يمكن حساب المحصلة باستعمال نظرية فيثاغورس $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$

واتجاه المحصلة $\tan\theta = \dfrac{R_y}{R_x}$

مثال 4/ المتجه $\vec{A}$ طوله 14cm ويصنع زاوية قياسها 60° مع الاتجاه الموجب للمحور x، والمتجه $\vec{B}$ طوله 20CM ويصنع زاوية قياسها 20° مع الاتجاه الموجب للمحور x. حلل المتجهين $\vec{A}$,$\vec{B}$ الى مركبتيهما ثم احسب مقدار واتجاه المتجه المحصل $\vec{R}$.



الحل/ من ملاحظتنا للشكل (22)

فان مقادير المركبات الافقية والشاقولية للمتجهات هي:

المركبة الافقية

$$A_x = A\cos 60° = 14 \times 0.5 = 7\text{cm}$$

المركبة الشاقولية

$$A_y = A\sin 60° = 14 \times 0.866 = 12.12\text{cm}$$

المركبة الافقية

$$B_x = B\cos 20° = 20 \times 0.940 = 18.79\text{cm}$$

المركبة الشاقولية

$$B_y = B\sin 20° = 20 \times 0.342 = 6.84\text{cm}$$

نحسب مقدار محصلة المركبتين الشاقوليتين $\vec{R}_y$

$$\vec{R}_y = \vec{A}_y + \vec{B}_y \rightarrow \vec{R}_y = 12.12 + 6.84 = 18.96\ \text{cm}$$

نحسب مقدار محصلة المركبتين الافقيتين $\vec{R}_x$

$$\vec{R}_x = \vec{A}_x + \vec{B}_x \rightarrow \vec{R}_x = 7 + 18.79 = 25.79 \text{ cm}$$

ومقدار المتجه المحصل $\vec{R}$ يتم ايجاده بتطبيق نظرية فيثاغورس $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$

$$R = \sqrt{(25.79)^2 + (18.96)^2}$$

$$R = 32 \text{ cm}$$

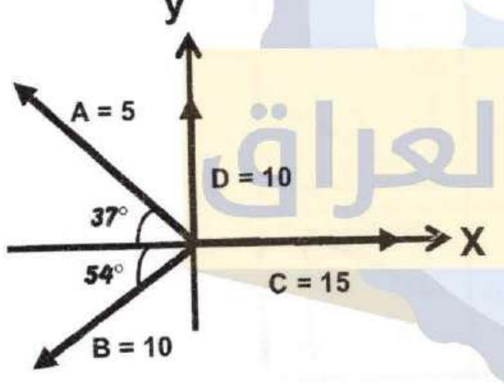
ويمكن ايجاد اتجاه المتجه المحصل $\vec{R}$ بالنسبة الى المحور x من العلاقة الاتية :

$$\tan\theta = \frac{R_y}{R_x} \rightarrow \tan\theta = \frac{18.96}{25.79} = 0.735$$

قياس زاوية θ مع الاتجاه الوجب للمحور x $\therefore \theta = 36°$

مثال / من معلومات الشكل المجاور جد مقدار واتجاه المحصلة بطريقة التحليل المتعامد

الحل:



(1) نحلل كل قيمة الى مركبتيه الافقية والشاقولية

باتجاه الغرب $A_x = A\cos 37 = 5 \times \frac{4}{5} = -4$

باتجاه الشمال $A_y = A\,\text{sins}\,37 = 5 \times \frac{3}{5} = 3$

باتجاه الغرب $B_x = B\cos 53 = 10 \times \frac{3}{5} = -6$

باتجاه الجنوب $B_y = B\,\text{sins}\,53 = 10 \times \frac{4}{5} = -8$

باتجاه الشرق $C_x = C\cos 0 = 1 \times 1 = 15$

باتجاه الشمال $C_y = C\sin 0 = 15 \times 0 = 0$

باتجاه الشرق $D_x = D\cos 90 = 10 \times 0 = 0$

باتجاه الشمال $D_y = D\,\text{sins}\,90 = 10 \times 1 = 10$

(2) نجمع المركبات الافقية

$$\overline{R_x} = A_x + B_x + C_x + D_x$$
$$= -4 - 6 + 15 + 0 = 5$$

نجمع المركبات الشاقولية

$$\overline{R_y} = A_y + B_y + C_y + D_y$$
$$= 3 - 8 + 0 + 10 = 5$$

(3) مقدار المحصلة باستخدام نظرية فيثاغورس

$$R^2 = R_x^2 + R_y$$
$$= 25 + 25 + 50 \Rightarrow R = 5\sqrt{2}$$

(4) اتجاه المحصلة $\text{tau}\theta = \frac{R_y}{R_x} = \frac{5}{5} = 1$

اي ان $\theta = 45°$ باتجاه شرق الشمال (في المربع الاول) $(R_x\ (+)\ ,\ R_y\ (+))$

فكر : اي واحد من متجهات الازاحة المبينة في الجدول ادناه تكون متساوية .

المتجه Vector	مقداره Maynitude	اتجاهه Direction	الرسم
$\vec{A}$	100 m	30 شمال الشرق	$\vec{A}$ 30°
$\vec{B}$	100 m	30 جنوب الغرب	30° $\vec{B}$
$\vec{C}$	100 m	30 جنوب الشرق	30° $\vec{C}$
$\vec{D}$	100 m	60 شرق الشمال	$\vec{D}$ 60°
$\vec{E}$	100 m	60 غرب الجنوب	60° $\vec{E}$

ضرب المتجهات :

هناك طريقتين لضرب المتجهات

B A θ

اولا – الضرب القياسي (النقطي) (scalar produet (dotprod uct

يسمى نقطياً لأن اشارة الضرب فيه هي النقطة ويسمى قياسياً لأن ناتج ضرب كمية متجه بكمية متجه اخرى كمية قياسية .

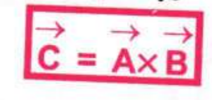
$$\vec{A}.\vec{B} = |A|\ |B| \cos\theta$$

يعرف الضرب القياسي (النقطي) للمتجهين $\vec{A}.\vec{B}$ كما ياتي

θ هي الزاوية المحصورة بين $\vec{A}$, $\vec{B}$

ثانيا - الضرب الاتجاهي (Vector product (Cross product

ان ناتج الضرب الاتجاهي هو كمية متجه حيث ينتج عن حاصل ضرب المتجهين متجهاً اخر ثالث يكون اتجاهه عمودي على المستوى الذي يحوي المتجهين $\vec{A}$, $\vec{B}$



$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$$

$\vec{C}$ $\vec{B}$ θ $\vec{A}$

ويعرف الضرب الاتجاهي رياضياً كما ياتي :

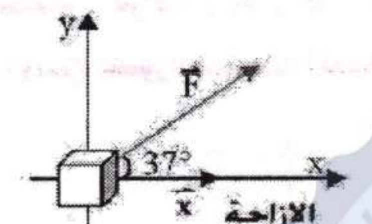
حيث مقدار المتجه $\vec{C}$ هو $|\vec{C}| = |\vec{A}|\,|\vec{B}| \sin\theta$

θ الزاوية بين المتجهين وتطبق قاعدة الكف اليمنى لتعين اتجاه المتجه المحصل للضرب الاتجاهي للمتجهين (تدور اصابع الكف اليمنى من اتجاه $\vec{A}$ نحو $\vec{B}$ فيشير الابهام الى اتجاه $\vec{C}$)

الشغل كمية عددية ناتجة عن ضرب متجه القوة في متجه الازاحة ضرباً عددياً (displacement)

$\vec{W}(work) = \vec{F}\ (Force) . \vec{X}$

مثال / اثرت قوة 40 N باتجاه °37 فوق الافق في جسم فحركته ازاحة 10 m بالاتجاه الافقي احسب مقدار الشغل الذي تبذله تلك القوة .



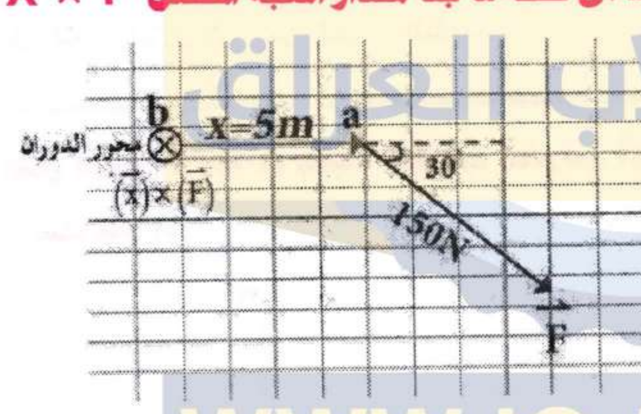
$W = \vec{F}.\vec{X} \rightarrow W = |\vec{F}||\vec{X}|\cos\theta$

$W = (40)(10)(\cos 37) = 40 \times 10 \times \frac{4}{5} = 320$ Joul

---

عزم القوة كمية اتجاهية ناتجة عن ضرب متجه القوة في متجه الازاحة ضرباً اتجاهياً .

مثال / اثرت قوة F ومقدارها 150 N في عتلة ab عند نقطة a وباتجاه °30 جنوب الشرق والتي تبعد بالازاحة $\vec{X}$ والتي مقدارها 5 m في نقطة b الى نقطة a جد مقدار المتجه المحصل $\vec{X} \times \vec{F}$



الحل / $|\vec{X} \times \vec{F}| = |\vec{X}||\vec{F}|\sin\theta$

$|\vec{X} \times \vec{F}| = 5 \times 150 \times \frac{1}{2}$

$|\vec{X} \times \vec{F}| = 375$ N.m

باتجاه بعيداً عن القاريء خارج الصفحة (•) طبقاً لقاعدة الكف اليمنى

ملاحظة : عندما تكون $\theta = 0$ فان:

1) $|\vec{A} \cdot \vec{A}| = |\vec{A}||\vec{A}|\cos 0 = A^2$

لأن coso = 1

2) $|\vec{A} \times \vec{A}| = |\vec{A}||\vec{A}|\sin 0 = 0$

لأن sino = 0

3) اذا كان المتجهان $\vec{A}$, $\vec{B}$ متعامدان

فان $\vec{A}.\vec{B}=0$ حيث cos 90 = 0

$A \times B = AB$, sin 90 = 1,

4) اذا كان المتجهان $\vec{A}, \vec{B}$ متوازيان

فأن $\vec{B}.\vec{A} = AB$ coso = 1

$\vec{B} \times \vec{A} = 0$ sin = 0

5) $\vec{A}.\vec{B} = \vec{B}.\vec{A}$

خاصية الابدال تتحقق بالضرب القياسي

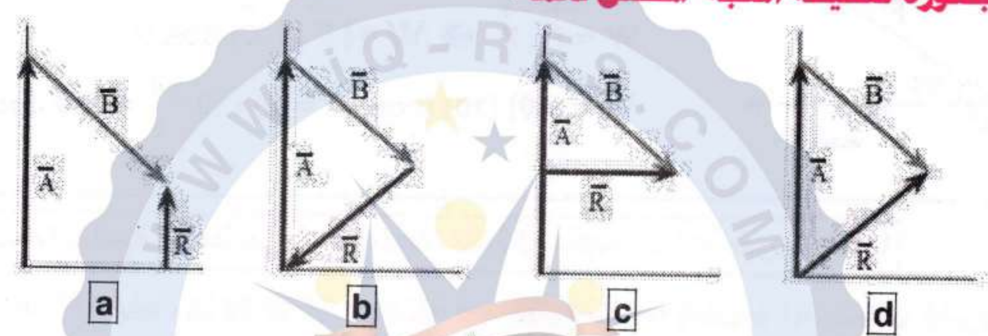
6) $\vec{A} \times \vec{B} = -\vec{B} \times \vec{A}$

خاصية الابدال لا تتحقق بالضرب الاتجاهي

اسئلة الفصل الاول

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل مما ياتي/

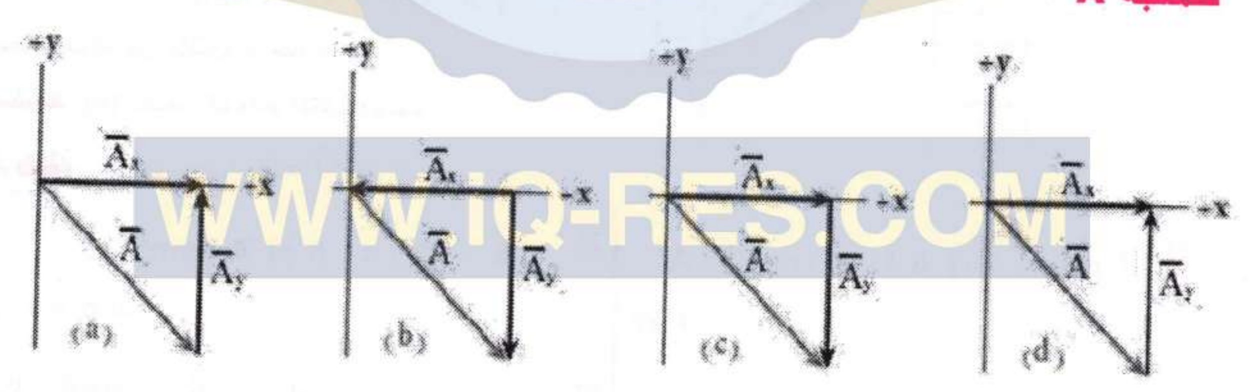
1. متجهي الازاحة (B , A) جمعا سويه للحصول على قيمة الازاحة R اي من الاشكال التالية يوضح بصورة صحيحة المتجه المحصل لهما .



ج / هو شكل d انطباق ذيل المتجه الثاني على راس المتجه الاول عندئذ تكون المحصلة في ذلك المتجه تشير من ذيل المتجه الاول الى راس المتجه الثاني .

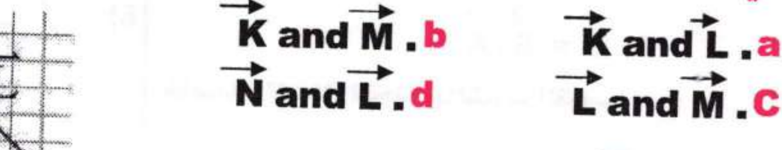
---

2. قطع شخص ازاحة A باتجاه الجنوب الشرقي اي من الاشكال التالية يوضح المركبتين $\vec{A}_x$ ، $\vec{A}_y$ للمتجه $\vec{A}$

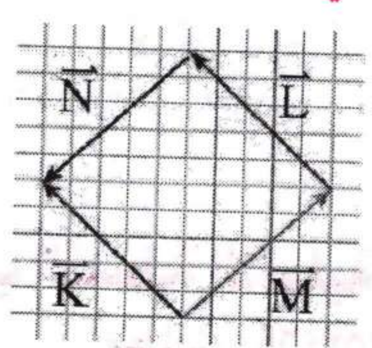


ج / هو شكل c المحصلة من ذيل الاول الى راس الثاني .

3- اي زوج من المتجهات ($\vec{K}, \vec{L}, \vec{M}, \vec{N}$) الموضحة في الشكل المجاور متساويان

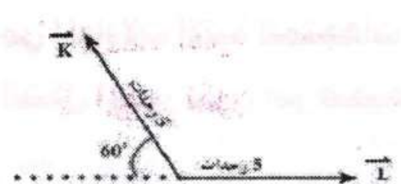


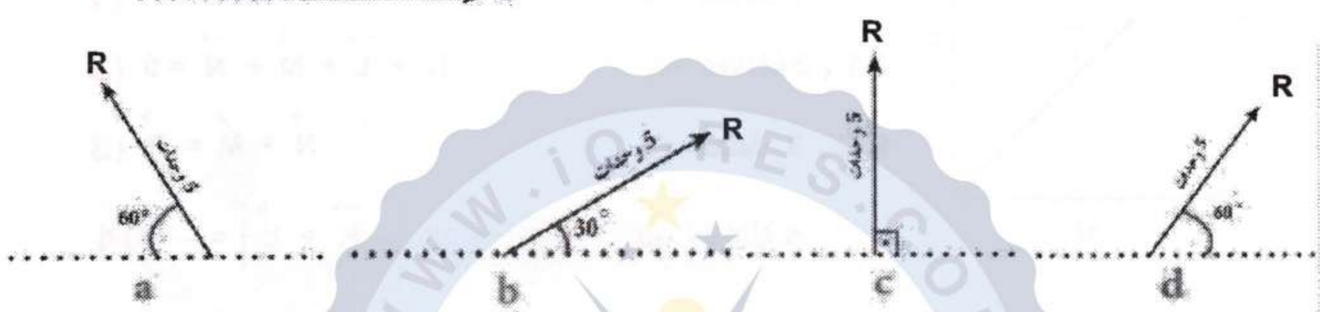
a. $\vec{K}$ and $\vec{L}$
b. $\vec{K}$ and $\vec{M}$
C. $\vec{L}$ and $\vec{M}$
d. $\vec{N}$ and $\vec{L}$



ج / هو شكل a K and L

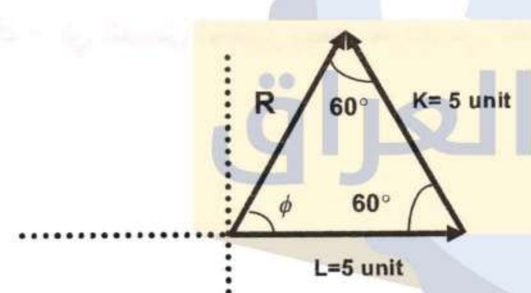
4- في الشكل المجاور المتجهات (K , L) متساويان في المقدار ،اي من المتجهات التالية يمثل محصلتهما .





ج / d **التوضيح** لايجاده زاوية المتجه نستخدم قانون الجيب $R = \sqrt{A^2+B^2-2AB\cos\theta}$

نرفع المتجه $\vec{K}$ ونضع ذيله في راس المتجه $\vec{L}$ فتكون المحصلة من يل المتجه $\vec{L}$ الى راس المتجه $\vec{K}$



$$R = \sqrt{25 + 25 - 50 \times \frac{1}{2}} = \sqrt{25} = 5$$

$$\frac{R}{\sin 60} = \frac{K}{\sin\phi} \rightarrow \frac{5}{\sin 60} = \frac{5}{\sin\phi}$$

$$5\sin\phi = 5\sin 60 \rightarrow \phi = 60°$$

ملاحظة/ كذلك من مبرهنات المثلثات يمكن ايجاد زاوية المحصلة من معلومة اذا تساوت اضلاع المثلث فان زوايا رؤوس المثلث متساوية

---

5 - المتجهات (K , L , N) كما موضح في الشكل المجاور اي من المعادلات الاتية غير صحيحة .

(1 $\vec{K} = \vec{N}$

(2 $\vec{K} + \vec{L} + \vec{N} = \vec{L}$

(3 $\vec{K} + \vec{N} = 0$

a – معادلة 1

b – معادلة 2

c – معادلة 3 , 2

d – معادلة 3 , 2 , 1

الجواب / a – معادلة 1 غير صحيحة

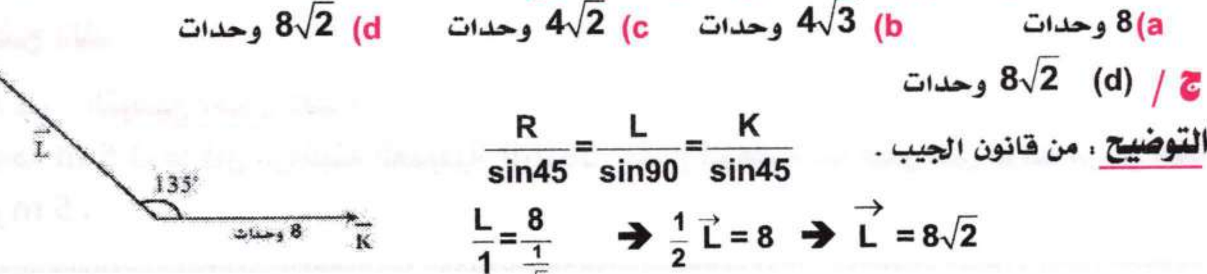
---

6 - اذا كان المتجه المحصل للمتجهين $\vec{K}$, $\vec{L}$ يكون عموديا على المتجه $\vec{K}$ (لاحظ الشكل المجاور) فأن مقدار المتجه $\vec{L}$ يساوي

a) 8 وحدات b) $4\sqrt{3}$ وحدات c) $4\sqrt{2}$ وحدات d) $8\sqrt{2}$ وحدات

ج / (d) $8\sqrt{2}$ وحدات

التوضيح : من قانون الجيب .

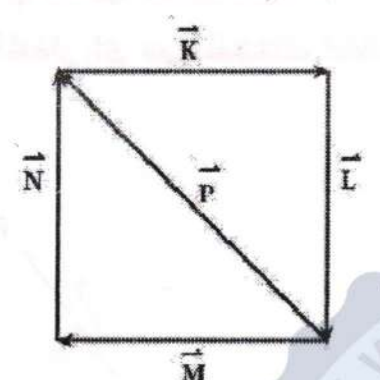


$$\frac{R}{\sin 45} = \frac{L}{\sin 90} = \frac{K}{\sin 45}$$

$$\frac{L}{1} = \frac{8}{\frac{1}{\sqrt{2}}} \rightarrow \frac{1}{2}\vec{L} = 8 \rightarrow \vec{L} = 8\sqrt{2}$$

7 - اي من المعادلات الاتية للمتجهات $\vec{P}, \vec{N}, \vec{M}, \vec{L}, \vec{K}$ في الشكل المجاور تكون غير صحيحة .





1) $\vec{K} + \vec{L} - \vec{M} - \vec{N} = -2P$

2) $\vec{K} + \vec{L} + \vec{M} + \vec{N} = 0$

3) $\vec{N} + \vec{M} = \vec{P}$

4) $\left(-\vec{K} + \vec{L}\right) = -\vec{P}$

a- معادلة 1

b- معادلة 1 , 2

c- معادلة 1, 2 , 3

d- معادلة 4

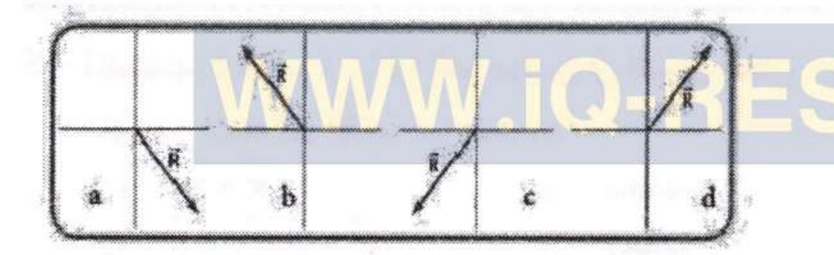
ج / 4) $\left(-\vec{K} + \vec{L}\right) = -\vec{P}$

---

8 - في الشكل المجاور يبين مركبتي المتجهين $\vec{A}$, $\vec{B}$ والمتجه المحصل هو $\vec{R}$



ايا من الاشكال (a) و (b) و (c) و (d) المعبر عن حاصل جمع المتجهين A + B



الجواب/ شكل (a)

التوضيح/

$\vec{B}_x - \vec{A}_x = 2 - 1 = 1$ unit باتجاه الشرق

$\vec{A}_y - \vec{B}_y = 2 - 1 = 1$ unit باتجاه الجنوب

س2/ هل يمكن لمركبة متجه ان تساوي صفر ؟ على الرغم من ان مقدار المتجه لايساوي صفر؟ وضح ذلك .

الجواب/ نعم التوضيح / مثال ذلك /

متجه ازاحة 5 m شرقاً فأن مركبته العمودية 5sin0 مقدار المركبة هنا صفر على الرغم من ان مقدار المتجه هو 5 m .

س3/ هل يمكن لمتجه ما ان يمتلك مقدار سالبا ؟ وضح ذلك .

ج / كلا لايمكن ان يمتلك مقدار سالباً لأن اي كمية متجه توضح داخل علامة المطلق $|\vec{A}|$ فانها تمثل مقدار ها وتكون دائماً القيمة موجبة . يمكن القول ان المتجه يمتلك اتجاهاً سالباً وليس مقداراً سالباً .

س4/ اذا كان $\vec{A} + \vec{B} = 0$ مايمكنك ان تقول عن المتجهين .

ج / نقول ان المتجهين لهما نفس المقدار (نفس طول السهم) ومتوازيان ولكنهما متعاكسان بالاتجاه .

س5/ تحت اي ظروف يمكن لمتجه ان يمتلك مركبتين متساويتين بالمقدار .

ج / عندما يميل المتجه بزاوية 45° عن محور X الموجب

لأن $A \sin 45 = A \cos 45$

المركبة الافقية = المركبة العمودية

Asin45

$\vec{A}$

45°

Acos45

س6/ هل يمكن اضافة كمية متجه الى كمية قياسية ؟ وضح ذلك .

ج /كلا لايمكن لأن الكمية القياسية كمية مقدارية نستدل عليها من مقدارها ووحدة قياسها والكمية الاتجاهية نستدل عليها من مقدارها واتجاهها ووحدة قياسها وتجمع هندسياً وليس جبرياً .

س7/ اذا كان مقدار المتجه $|\vec{A}| = 12m$ ومقدار المتجه $|\vec{B}| = 9m$ ومقدار متجه المحصلة $|\vec{R}| = 3m$ وضح ذلك مع الرسم ؟

ج /واضح ان المتجهين متوازيان ومتعاكسان بالاتجاه وان المحصلة باتجاه الكبرى

$|A| = 12m$

$|B| = 9m$

$|R| = 3m$

$\vec{A} = 12m$ ، $\vec{B} = -9m$

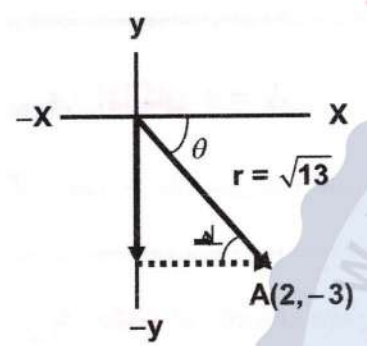
$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} = 12 + (-9) = 3$ وحدة باتجاه $\vec{A}$

س8/ اذا كانت مركبة المتجه $\vec{A}$ التي تقع باتجاه المتجه $\vec{B}$ تساوي صفر ماذا يمكنك ان تقول عن المتجهين ($\vec{A}$, $\vec{B}$)

ج / نقول ان المتجهين ($\vec{A}$, $\vec{B}$) متعامدان وليكن $\vec{A}$ ينطبق على محور X الموجب و $\vec{B}$ ينطبق على محور y الموجب فأن المركبة العمودية للمتجه $\vec{A}$ = صفر اي $A\sin 0 = 0$ وبنفس الوقت هي مع اتجاه $\vec{B}$

المسائل

س1/ النقطة A تقع في المستوي (x , y) احداثياتها (3-, 2) اكتب تعبير عن موقع المتجه $\vec{r}_A$ لهذه النقطة بصيغة اتجاهه وارسم مخطط يوضح اتجاه هذا المتجه .



الجواب / $\vec{r}_A$ باتجاه جنوب الشرق

واضح من الرسم ان المتجه A له مركبتين افقية $A\cos\theta = 2$

وعمودية $A\sin\theta = -3$

اما اتجاه A من العلاقة $\tan\theta = \frac{A_y}{A_x}$ ← $\tan\theta = \frac{-3}{2}$

$\theta = \tan^{-1}\frac{-3}{2} = -56.3$ بالاتجاه السالب



س2/ مامقدار الضرب النقطي ($\vec{B}.\vec{A}$) للمتجهين ($\vec{B}$. $\vec{A}$)



الموضحين في الشكل المجاور اذا كان

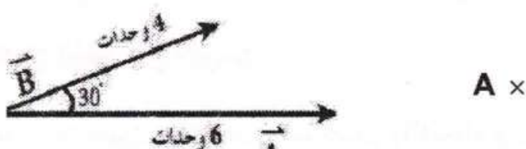
$|A| = 4$ units = , $|B| = 5$ units

الجواب / $|\vec{A}.\vec{B}| = |\vec{A}||\vec{B}|\cos\theta$

θ الزاوية بين المتجهين $\theta = 113 - 53 = 60$

$|\vec{A}.\vec{B}| = 4 \times 5\cos 60 = 20 \times \frac{1}{2} = 10$ unit

س3/ اذا كان مقدار المتجه $\vec{A}$ يساوي (6 units) وبالاتجاه الموجب لمحور X ومقدار المتجه $\vec{B}$ (4 units) باتجاه 30 مع المحور X ويقع في المستوي X_y احسب مقدار حاصل الضرب الاتجاهي للمتجهين ($\vec{A} \times \vec{B}$)

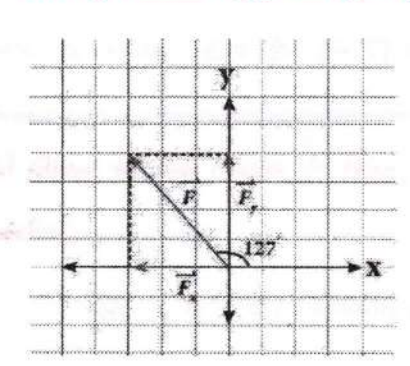


الجواب /

$A \times B = |A|\,|B| \sin\theta$

$= 6 \times 4\sin 30$ ➔ $24 \times \frac{1}{2} = 12$ unit

س4/ جد مركبتي قوة (25N) تميل بزاوية (127°) عن المحور X علما ان $\cos 37° = 0.8$ ، $\sin 37° = 0.6$



الجواب /

$\vec{F}_y = F\cos\theta = F\cos 37$

$\vec{F}_y = 25 \times 0.8 = 20$ N

$\vec{F}_x = F\sin\theta = F\sin 37$

$\vec{F}_x = 25 \times 0.6 = 15$ N

الفصل الثاني

الحركة الخطية Linear Motion

الحركة :

★ ان علم الميكانيك هو احد فروع علم الفيزياء الذي يهتم بدراسة حركة الاجسام ويقسم الى :

(1) الكاينميتك/ وهو علم يهتم بوصف حركة الاجسام من دون النظر الى مسببات مثل الازاحة والسرعة.

(2) الداينمك/ هو علم يهتم بمسببات الحركة مثل القوة والطاقة.

الحركة / هي التغيير المستمر في موقع الجسم بالنسبة الى نقطة تعتبر ثابتة تسمى نقطة الاسناد .

نقطة الاسناد/

وهي النقطة تعد ثابتة بالنسبة للجسم المتحرك عنها وتعد بداية حركة وانطلاقه مثل (شجرة او منزل) ولا يمكن ان تتخذ الاجسام المتحركة بسرعة غير ثابتة نقطة اسناد مثل (السحب او طائرة متحركة)

انواع الحركة /

١- الحركة الانتقالية وتقسم الى/ a- الحركة الخطية (مثل حركة السيارة)
b- الحركة الشاقولية (مثل قذف الجسم نحوه على)
c- الحركة في بعدين (مثل حركة المقذوفات)

٢- الحركة الدائرية (مثل دوران القمر حول الارض)

٣- الحركة الدورية (مثل دوران الارض حول نفسها)

٤- الحركة الدورية او الاهتزازية (مثل حركة البندول او النابض الحلزوني)

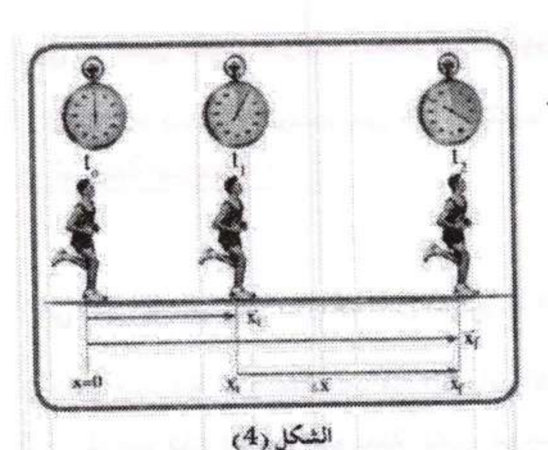
❖ عزيزي الطالب ان الحركة الانتقالية هي موضوع دراستنا في هذا الفصل اما باقي انواع الحركة سندرسها لاحقاً في الفصول القادمة.

الموقع والازاحة والمسافة : Position , Displacement and Distanee :

الموقع / هو كمية متجه لها مقدار واتجاه معين نسبة الى نقطة الاصل(نقطة الاسناد) على احد المحاور الكارتيزية الثلاثة (X , y , Z) .

س/ متى يقال عن الجسم انه في حالة حركة؟

ج/ عندما يحدث الجسم تغييراً في موقعه نسبة الى نقطة اسناد ثابتة.



الشكل (4)

مثال (1) / لنفرض عداء في حالة حركة على خط مستقيم على المحور X مبتعد عن نقطة الاصل (0) فقد غير موقعه كما في الشكل وكان مقدار موقعه الابتدائي (X_i = +5m)

ومقدار موقعه النهائي ($\vec{X}_f$ = +12m)

[الاشارة الموجبة تعني ازاحة الجسم يمين المحور X]

ان التغير في موقع الجسم يسمى الازاحة فعلية فأن الازاحة التي يقطعها العداء تكون

$$\Delta \vec{X} = \vec{X}_f - \vec{X}_i \Rightarrow 12 - 5 = +7m$$

الرمز Δ يعني التغيير او الفرق ويلفظ ((دلتا))

الازاحة /

هـو التغيير في متجه موقع الجسم ويساوي الفرق بين الموقع الابتدائي X_i والموقع النهائي X_f وفق العلاقة $\overline{\Delta X} = \overline{X}_f - \overline{X}_i$ وهو من الكميات المتجهة ولحسابها تجمع جمعاً اتجاهياً.

مثال (2)/ لنفرض ان العداء تحرك من موقعه الابتدائي $\overline{X}_i = +5m$ بأتجاه معاكس الى موقعه النهائي $x_f + 1m$ فان ازاحة العداء $\Delta \vec{X} = \vec{X}_f - \vec{X}_i = 1 - 5 = -4m$

[الاشارة السالبة تدل على ان ازاحة الجسم يسار المحور $\overrightarrow{(X)}$].

س/ هل يمكن للازاحة المقطوعة ان تساوي صفرا ؟ ومتى؟

ج/ نعم، بما ان الازاحة كمية اتجاهية يمكن ان تكون صفراً عندما يتحرك الجسم من الموقع الابتدائي الى الموقع النهائي ثم يعود الى الموقع الابتدائي له.

مثال (3)/ لنفرض ان العداء في المثال السابق تحرك من موقعه الابتدائي $\overline{X}_i = +5m$ فقطع (20 m) ثم رجع الى موقعه النهائي $\overline{X}_f = +5m$ فان محصلة الازاحة للجسم تساوي صفراً

$$\Delta \vec{x} = (20-5) + (5-20) = 15 + (-15) = 0$$

المسافة/

هي مقدار المسافة المقطوعة للجسم المتحرك من دون النظر في اتجاهه وهي من الكميات القياسية تجمع جمعاً جبرياً.

مثال (4)/ لو ان العداء تحرك من موقعه الابتدائي $\overline{X}_i = +5m$ فقطع (20 m) ثم رجع الى موقعه النهائي $\overline{X}_f = +5m$ فان مقدار المسافة المقطوعة

$$d = d_1 + d_2 = 15m + 15m = 30m$$

فكر/ لاعب كرة البيسبول يدور حول الملعب مسافة 110m ثم يعود الى نفس النقطة التي انطلق منها ما مقدار الازاحة المقطوعة والمسافة الكلية المقطوعة؟

س/ متى تكون الازاحة المقطوعة تساوي المسافة الكلية المقطوعة؟

ج/ عندما يتحرك الجسم على خط مستقيم ((باتجاه ثابت))

السرعة المتوسطة :

هي النسبة بين تغير الازاحة الى التغير في الزمن حيث ان

$$\vec{v}_{avg} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_f - \vec{x}_i}{t_f - t_i}$$

- ان السرعة المتوسطة تعد من الكميات الاتجاهية تتخذ اشارة الازاحة نفسها فأذا كانت الازاحة بأتجاه محور X الموجب فأن السعة المتوسطة تكون موجبة واذا كانت الازاحة بأتجاه محور Xالسالب فأن السرعة المتوسطة تكون سالبة.
- معدل السرعة المتوسطة يساوي $\overline{V} = \frac{V_i + V_f}{2}$

مثال / في الشكل التالي سيارة سباق تتحرك بخط مستيم تبدأ من نقطة الاصل (0) عند الزمن (t=0) وليكن اتجاه حركة السيارة بالاتجاه الموجب للمحور (X) وبعد فترة زمنية (ti = 1 sec) تصل السيارة موقع (A) والتي تبعد (2m) عن نقطة الاصل وبعد مرور زمن قدره t_f = 4sec تصل سيارة الى موقع (B) والتي تبعد (32m) احسب متوسط السرعة السيارة بين موقع A و B.



الحل / متوسط السرعة

$$\vec{v}\,avg = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\vec{x}_f + \vec{x}_i}{t_f - t_i} = \frac{32-2}{4-1} = \frac{30}{3} = 10\,\frac{m}{s}$$

ميل الخط المستقيم في المخطط البياني (الازاحة – الزمن) كما في الشكل

يبين التغيير الحاصل في موقع الجسم خلال فترات زمنية مختلفة وان ميل

الخط المستقيم يمثل السرعة المتوسطة $\vec{v}_{avg}$ =Slop= $\tan\theta$ = $\frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$

الميل (Slope) هو الخط المستقيم الواصل بين النقطتين B , A

الانطلاق المتوسط Average Speed :

هو نسبة المسافة الكلية المقطوعة الى الزمن المستغرق ويحسب بالعلاقة التالية

$$\text{Average speed } (v\ avg) = \frac{\text{Distance traveled}}{\text{time interval}} = \frac{d\ total}{t\ total}$$

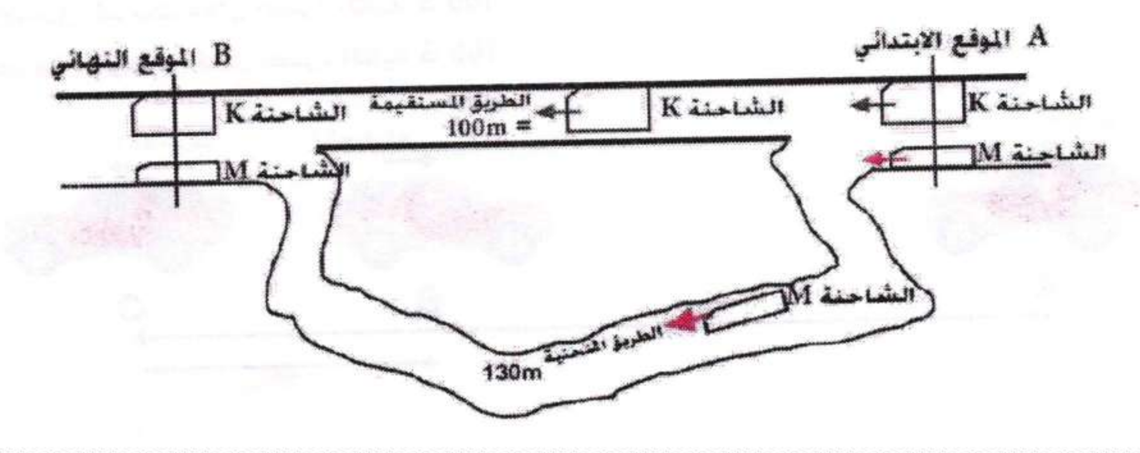
الانطلاق المتوسط كمية قياسية (عددية) لأن المسافة المقطوعة هي كمية قياسية (عددية) . وحدات الانطلاق هي وحدة مسافة مقسومة على وحدة زمن $\frac{m}{s}$.

س/ هل تمثل قراءة عداد السرعة في السيارة السرعة الانية ((اللحظية)) أم تمثل الانطلاق الاني ((اللحظي)) ولماذا ؟

ج/ تمثل الانطلاق الاني ((اللحظي)) لانها تحدد مقدار السرعة المتوسطة دون تحديد اتجاهها.

س/ متى تكون مقدار السرعة المتوسطة تساوي الانطلاق المتوسط؟

ج/ عندما يتحرك الجسم على خط مستقيم بأتجاه ثابت فأن مقدار السرعة المتوسطة للجسم تساوي انطلاقة المتوسط.



ولتوضيح الفرق بين الانطلاق المتوسط والسرعة المتوسطة خلال حركة الشاحنتين (M,K) ليكن الشكل اعلاه يمثل الشاحنة K تنتقل من الموقع الابتدائي A متخذه طريق مستقيم طوله 100 m لتصل الموقع النهائي B والشاحنة M تنتقل من الموقع الابتدائي A متخذه طريق منحني طوله 130 m لتصل الموقع النهائي B .

جد (1) الانطلاق المتوسط لكل من الشاحنتين K , M .

(2) السرعة المتوسطة لكل من الشاحنتين K , M .

علماً ان الوقت المستغرق لكلا من الشاحنتين هو 10 S

للشاحنة K الانطلاق المتوسط

$$\text{Average speed} = \frac{\text{Distance traveled}}{\text{time interval}} = \frac{130}{10_s} = 13\ m/s$$

للشاحنة M الانطلاق المتوسط

$$\text{Average speed} = \frac{\text{Distance traveled}}{\text{time interval}} = \frac{100m}{10s} = 10\ m/s$$

للشاحنة K السرعة المتوسط

$$\text{Average velocity } (\vec{V}_{avg}) = \frac{\text{displacement}}{\text{time interval}} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{100m}{10s} = 10\ m/s$$

للشاحنة M السرعة المتوسط

$$\text{Average velocity } (\vec{V}_{avg}) = \frac{\text{displacement}}{\text{time interval}} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} = \frac{100m}{10s} = 10\ m/s$$

س/ متى تكون السرعة المتوسطة لحركة جسم ما تساوي أنطلاقة المتوسط؟

ج/ عندما يتحرك الجسم على مسار مستقيم وبذلك تكون الازاحة المقطوعة الكلية $\vec{X}$ total تساوي مقدار المسافة الكلية المقطوعة d total وبذلك سيعبر الانطلاق عن المقدار العددي للسرعة.

س/ هل يمكن للسرعة المتوسطة ان تساوي صفراً وهل يمكن للانطلاق المتوسط ان يساوي صفراً؟

ج/ نعم يمكن للسرعة المتوسطة ان تساوي صفراً اذا تحرك الجسم من نقطة A الى نقطة B ثم يعود الى نقطة A فان الازاحة الكلية تساوي صفراً. بينما لا يمكن للانطلاق المتوسط ان يساوي صفراً لان المسافة الكلية لا تساوي صفراً.

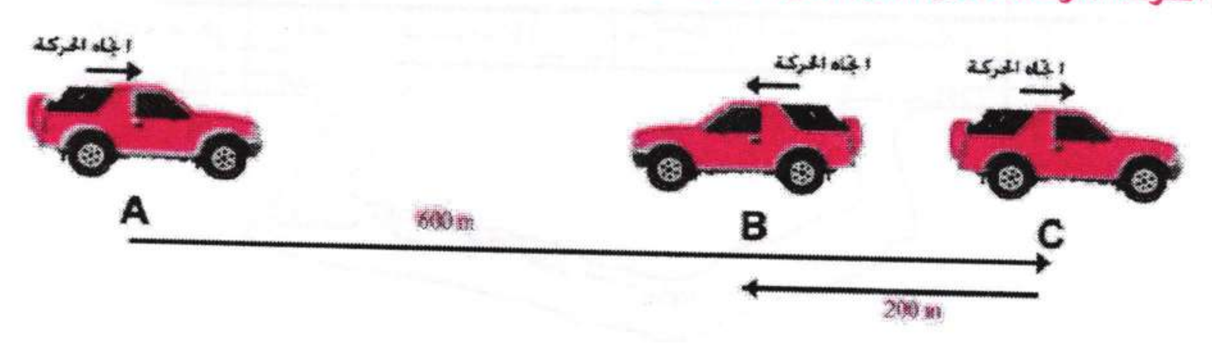
مثال/ السيارة في الشكل المرسوم بدأت بالحركة من السكون عند النقطة A وبالاتجاه الموجب لمحور X فوصلت الى النقطة C بعد مضي 80S ثم استدارت وتحركت باتجاه معاكس حتى توقفت عند النقطة B خلال 20S أحسب .

(1) الانطلاق المتوسط خلال الفترة الاولى 80 S .

(2) السرعة المتوسطة خلال الفترة الاولى 80 S .

(3) الانطلاق المتوسط خلال الفترة الكلية 100 S .

(4) السرعة المتوسطة خلال الفترة الكلية 100 S .



الحل/ (1) عند حركة السيارة من نقطة A الى نقطة C

$$\text{Average speed} = \frac{\text{Distance traveled}}{\text{time interval}} = \frac{600m}{80s} = 7.5\ m/s$$

(2) عند حركة السيارة من نقطة A الى نقطة C

$$\text{Average speed}\ (\vec{V}_{avg}) = \frac{\text{Displacement traveled}}{\text{time interval}} = \frac{600m}{80s} = 7.5\ m/s$$

❖ لاحظ ان السرعة المتوسطة تساوي الانطلاق المتوسط لان المسافة تساوي الازحة لانها تحركت بالاتجاه الموجب لمحور X وبخط مستقيم

(3) عند حركة السيارة من نقطة A الى نقطة B

$$\text{Average speed}\ (V_{avg}) = \frac{\text{Distance traveled}}{\text{time interval}} = \frac{600m + 200m}{80 + 20} = 8\ m/s$$

(4) السرعة المتوسطة من نقطة A الى نقطة B

$$\text{Average speed}\ (\vec{V}_{avg}) = \frac{\text{Displacement traveled}}{\text{time interval}} = \frac{600 - 200}{80 + 20} = \frac{400m}{100s} = 4\ m/s$$

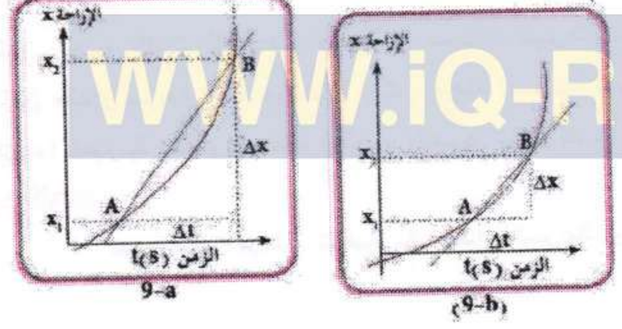
السرعة الانية والانطلاق الاني : Instantaneous velocity and Ins tantaneaus speed

السرعة الانية/ (هي سرعة الجسم في اي لحظة زمنية) من مخطط (الازاحة – الزمن) في الشكل (9-a) نجد السرعة المتوسطة والتي تساوي الميل (Slope) .

$$(\vec{V}_{avg}) = \text{Slope} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$



(9-b)



9-a

عندما تقترب النقطة A من B شكل (9-a)

ستكون قيم Δx و Δt صغيرة

فيكون قيم الميل اصغر

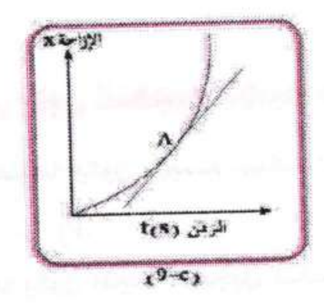
وبالتالي قيم السرعة المتوسط اقل .

وعندما نقرب A من B اكثر شكل (9-c)

فأن مقدار Δx و Δt يقترب من الصفر

ويكون الخط المستقيم مماساً للمنحني عند النقطة A

ميل هذا المستقيم هو مقدار السرعة الانية عند النقطة A

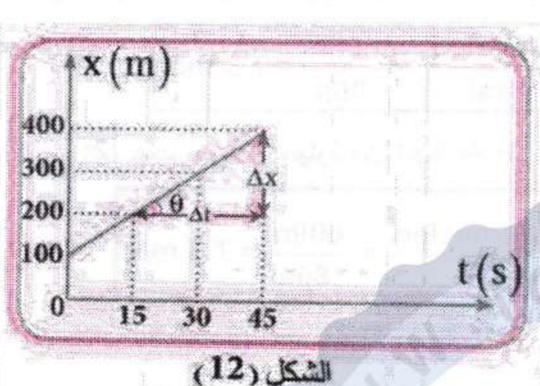


(9-c)

الحركة بسرعة ثابتة /

السرعة الثابتة او المنتظمة / هي حركة الجسم على خط مستقيم ويقطع ازاحات متساوية خلال فترات زمنية متساوية وعندما نرسم مخططاً بيانياً (الازاحة – الزمن) كما في الشكل نحصل على خط مستقيم وميل هذا الخط يساوي السرعة المتوسطة .

$$(\vec{V}_{avg}) = \text{Slope} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$



الشكل (12)

واذا رسمنا مخطط بيانياً بين (السرعة – الزمن) نحصل على خط مستقيم أفقي لان السرعة ثابتة المقدار والاتجاه لاحظ الشكل.

السرعة V

الزمن t

التعجيل Acceleration :

اي جسم متحرك بخط مستقيم ولايوجد تغير في سرعته فليس لهذا الجسم تعجيل . اي التعجيل يساوي صفر ولكن اذا تحرك الجسم على خط مستقيم وسرعته متزايده فأن للجسم تعجيل وتعجيله تسارعي . واذا تحرك الجسم على خط مستقيم وسرعته بتباطؤ فأن الجسم له تعجيل تباطيء . واذا تحرك الجسم بسرعة ثابتة لاتسارع ولاتباطؤ ولكن اتجاهه متغير فنقول ان الجسم المتحرك له تعجيل وهو التعجيل المركزي.

اذن شروط التعجيل

(1) ان يكون الجسم ثابت الاتجاه ولكن مقدار سرعته غير ثابتة .
(2) ان تكون مقدار سرعة الجسم ثابتة ولكن اتجاه السرعة غير ثابتة .
(3) او كلاهما تغير في مقدار سرعته واتجاه الجسم المتحرك .

∴ التعجيل الخطي/

هو المعدل الزمني للتغيير في مقدار السرعة ورمزه (a) وهو كمية متجهة . اي ان

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i}$$

س/ متى يكون التعجيل الجسم مقداره صفرا ومتى يكو ن موجبا ومتى يكون سالبا؟

ج/ (1) عندما يكون الجسم ساكناً او يتحرك على خط مستقيم وبأنطلاق ثابت سيكون مقداره تعجيله صفراً $\vec{V}_f = \vec{V}_i$.

(2) عندما يكون اتجاه التعجيل بنفس اتجاه سرعة الجسم ستسبب زيادة في مقدار سرعة الجسم $V_f > V_i$ عندها سيكون التعجيل (+) .

(3) عندما يكون اتجاه التعجيل عكس اتجاه سرعة الجسم ستسبب نقصان في مقدار سرعة الجسم $V_f < V_i$ عندها سيكون التعجيل (-).

معادلات الحركة الخطية بتعجيل منتظم /

(a) اشتقاق معادلة الازاحة بدلالة كل من السرعة النهائية والسرعة الابتدائية والزمن

$$(\vec{V}_{avg}) = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \quad \text{-------------- (1)}$$ متوسط السرعة

$$\overline{V} = \frac{V_i + V_f}{2} \quad \text{-------------- (2)}$$ متوسط السرعة

وبمساواة المعادلتين

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{V_i + V_f}{2} \rightarrow \Delta x = \frac{V_i + V_f}{2}\Delta t$$

(b) اشتقاق معادلة السرعة النهائية بدلالة كل من السرعة الابتدائية والتعجيل والزمن

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$$ تعريف التعجيل

$$a\,\Delta t = v_f - v_i$$

$$\boxed{v_f = v_i + a\,\Delta t}$$

(C) اشتقاق معادلة الازاحة بدلالة كل من السرعة الابتدائية والتعجيل والزمن

$$\Delta X = \frac{V_i + V_f}{2}\,\Delta t$$

$$v_f = v_i + a\Delta t$$ نعوض

$$\Delta x = \left[\frac{v_i + (v_i + a\Delta t)}{2}\right].\Delta t \rightarrow \Delta x = \left[\frac{2V_i + a\Delta t)}{2}\right].\Delta t$$

$$\rightarrow \Delta x = \left[\frac{2V_i\,\Delta t + a(\Delta t)^2}{2}\right] \rightarrow \boxed{\Delta x = V_i\,\Delta t + \frac{1}{2}\,a(\Delta t)^2}$$

(d) اشتقاق معادلة السرعة النهائية بدلالة التعجيل والازاحة والسرعة الابتدائية

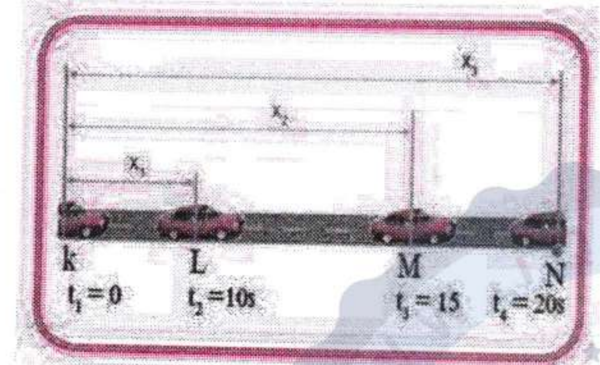
$$\Delta x = \frac{1}{2}(V_i + V_f).\Delta t \rightarrow 2\Delta x = (V_i + V_f).\Delta t \rightarrow \frac{2\Delta x}{(V_i + V_f)} = \Delta t$$

ولكن $V_f = V_i + a\Delta t$ ، نعوض عن Δt في هذه المعادلة $V_f = V_i + a\left(\frac{2\Delta t}{(V_i + V_f)}\right)$

$$V_f - V_i = a\left(\frac{2\Delta t}{(V_i + V_f)}\right)$$

$$(V_f - V_i)(V_f + V_i) = (a)(2)(\Delta x) \rightarrow V_f^2 - V_i^2 = 2a\Delta x \rightarrow \boxed{V_f^2 = V_i^2 + 2a\Delta x}$$

مثال/ احسب مقدار التعجيل المتوسط a_{avg} للسيارة في الشكل ادناه علماً ان $V_k = 20m/s$ ، $V_L=30m/s$ ، $V_m=30m/s$ ، $V_N=25m/s$ ، خلال الفترات الزمنية التالية :

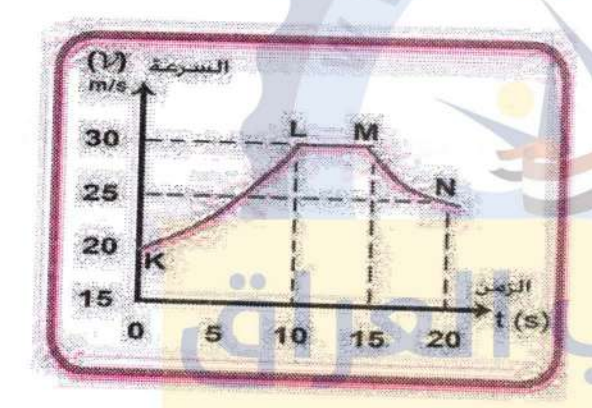


(1) $(t_1=0s)$ و $(t_2=10s)$ بين النقطتين (K , L)

(2) $(t_2=10s)$ و $(t_3=15s)$ بين النقطتين (L , M)

(3) $(t_3=15s)$ و $(t_4=20s)$ بين النقطتين (M , N)

(4) $(t_1=0s)$ و $(t_4=20s)$ بين النقطتين (K , N)



من الرسم البياني بين السرعة – الزمن /

نجد ميل المستقيم الذي يساوي تعجيل الجسم a

(1) $a_{KL}=\frac{\Delta V}{\Delta t}=\frac{V_L-V_K}{t_L-t_K}=\frac{30-20}{10-0}=1m/s^2$ التعجيل موجب لانه تسارع

(2) $a_{ML}=\frac{\Delta V}{\Delta t}=\frac{V_M-V_L}{t_M-t_L}=\frac{30-30}{15-10}=0\ m/s^2$ يكون التعجيل صفر لان السرعة ثابتة

(3) $a_{LM}=\frac{\Delta V}{\Delta t}=\frac{V_N-V_M}{t_N-t_M}=\frac{25-30}{20-15}=-1\ m/s^2$ التعجيل سالب لانه تباطؤ

(4) $a_{KN}=\frac{\Delta V}{\Delta t}=\frac{V_N-V_K}{t_N-t_K}=\frac{25-20}{20-0}=0.25\ m/s^2$ التعجيل موجب لانه تسارع

السقوط الحر وتعجيل الجاذبية الارضية :

* لقد اجرى العالم غاليلو اختبارات تجريبية بسيطة فقدا سقط حجراً وريشة طائر من قمة برج بيزا المائل ولاحظ ان الحجر وصل الارض قبل الريشة بسبب التأثير الكبير لاحتكاك الهواء ودفعه للريشة.
* ولقد جريت تجارب عدة باستعمال اجسام ثقيلة نسبياً متساوية بالحجم ومختلفة في الوزن وساقطة من الارتفاع نفسه فكانت النتائج انها تصل الى الارض بالفترة الزمنية نفسها.
* وعند اعادة تجربة الحجر والرئيشة بغياب تأثير الهواء وجد عملياً انهما تصلان الارض معاً وبالسرعة نفسها.

تعجيل الجاذبية الارضي / هو التعجيل الناتج من قوة جذب الارض للاجسام الساقطة باتجاهها .

وبالرغم من ان مقدار جاذبية الارض مختلف من مكان الى مكان بالقرب من سطح الارض فهو تقريباً يساوي $9.8 m/s^2$ أو $981 cm/s^2$ يرمز للتعجيل الارضي بالرمز (g) .

السقوط الحر

جميع الاجسام القريبة من سطح الارض وبغياب تاثير الهواء في تلك الاجسام فانها تسقط بالتعجيل نفسه وهو تعجيل الجاذبية الارضية $g = -9.8 m/s^2$ ويساوي تقريباً $-10 m/s^2$ ويكون باشارة سالبة دائماً لانه يتجه نحو الاسفل تدعى هذه الحركة بالسقوط الحر Free fall .

معادلات الحركة في السقوط الحر :

كل الاجسام الساقطة سقوط حر فأن سرعتها الابتدائية $V_i = 0$ لأنها تبدأ من السكون ، وستكون الازاحة الخطية Δy لان اتجاه الحركة هو اتجاه المحور y بدلاً من x.

وتكون معادلات الحركة الخطية هي :

$$V_f = gt \text{ -------- } (1)$$

$$\Delta y = \frac{1}{2} g t^2 \text{ -------- } (2)$$

$$V_f = \sqrt{2gy} \text{ -------- } (3)$$

ملاحظات حول الحركة الشاقولية

(1) عند الحركة نحو الاعلى يكون كل متجه السرعة ومتجه الازاحة بأشارة موجبة بينما عند الحرة نحو الاسفل يكونان بأشارة سالبة.

(2) التعجيل دائماً يكون سالباً $g = -9.8 m/s$ أو $g = -10 m/s$ في اي نوع من الحركة الشاقولية.

(3) عند الحركة نحو الاعلى سيصل الجسم الى قمة مساره فان $\vec{V}_f = 0$.

(4) عندما يقذف الجسم نحو الاعلى ثم يعود الى نقطة قذفه فيكون (زمن صعود الجسم يساوي زمن نزول الجسم) وتكون الازاحة الكلية المقطوعة ($\Delta y = o$).

فكر:

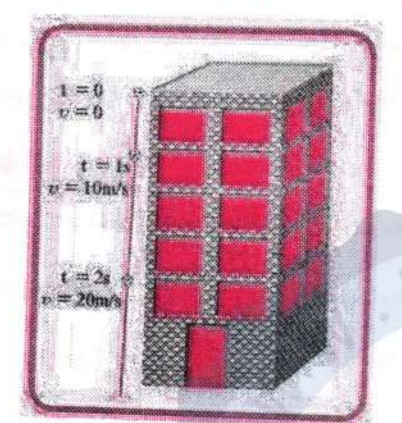
1) عند قذف كرة شاقولياً نحو الاعلى فان سرعتها تساوي صفر لحظة وصولها الى اعلى نقطة من مسارها . فهل يعني بالضرورة ان تعجيلها يساوي صفر .

ج/ كل جسم يقذف الى الاعلى او يسقط نحو الارض فأن تعجيله هو التعجيل الارضي والذي يساوي $g = -9.8 m/s^2$ في أي نقطة من مساره

2) سيارة تسير بخط مستقيم باتجاه $-x$ وبتعجيل موجب وباتجاه $+x$ هل يعني ان حركة السيارة بتسارع ام تباطؤ .

ج/ دائماً اذا كانت اشارة اتجاه الحركة (السرعة) عكس اشارة اتجاه التعجيل فأن الحركة تباطؤ ، واذا نفس الاشارة فان الحركة تسارع .

مثال/ من سطح بناية سقطت كرة سقوطاً حراً فوصلت سطح الارض بعد مدة زمنية (3 S) احسب مقدار .



1) ارتفاع سطح البناية .
2) سرعة الكرة لحظة اصطدامها بالارض وبأي اتجاه .
3) سرعة وارتفاع الكرة فوق سطح الارض بعد مرور 1S من سقوطها .

اعتبر التعجيل الارضي $g=-10 m/s^2$

الحل /

1) السرعة الابتدائية V_i للسقوط الحر = صفر .

$$y = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}(-10)(3)^2 = -5\times9 = -45m$$

الاشارة السالبة تعني ان اتجاه ازاحة الكرة نحو الاسفل فيكون ارتفاع سطح البناية فوق سطح الارض

. $h = +45\ m$

2) الاشارة السالبة تعني ان اتجاه سرعة الكرة نحو الاسفل $V_f=V_i+gt \rightarrow V_f=0+gt \rightarrow V_f = -10\times3 = -30 m/s$

3) الاشارة السالبة تعني ان اتجاه سرعة الكرة نحو الاسفل $V_f=V_i+gt \rightarrow V_f=0+gt \rightarrow V_f = -10\times1 = -10 m/s$

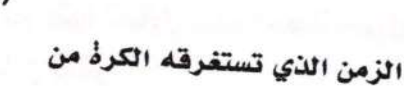
مقدار الازاحة بعد مرور ثانية واحدة من نقطة السقوط والى الاسفل $y = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}(-10)(1)^2 = -5m$

فيكون ارتفاع الكرة بعد مرور ثانية واحدة من سقوطها هو . $h = 45-5 = 40m$

مثال / من نقطة عند سطح الارض قذفت كرة صغيرة بانطلاق 40 m/s شاقوليا نحو الاعلى (اهمل تاثير الهواء في الكرة) احسب مقدار .

1) اعلى ارتفاع ممكن ان تصله الكرة فوق سطح الارض .
2) الزمن الذي تستغرقه الكرة من لحظة قذفها لحين وصولها الى اعلى ارتفاع لها .
3) سرعتها وارتفاعها فوق سطح الارض عند اللحظة $t = 2S$.
4) سرعتها لحظة اصطدامها بسطح الارض

الحل /



لحظة وصول الكرة الى اعلى ارتفاع فأن سرعتها النهائية $V_f = 0$

(1) $V_f^2 = V_i^2 + 2gh$

$0 = (40)^2 + 2(-10)(h) \rightarrow 20 \times h = 1600$

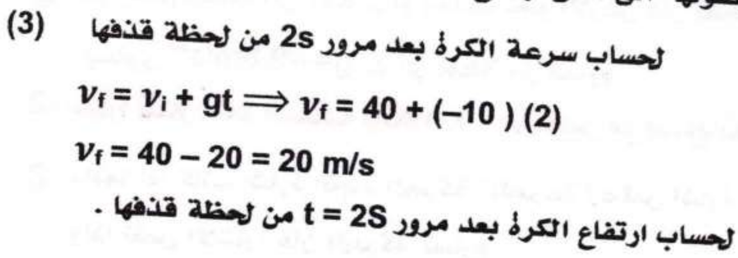
$h = \frac{1600}{20} = 80\ m$ اعلى ارتفاع تصله الكرة فوق سطح الارض

(2) $v_f = v_i + gt \Longrightarrow 0 = 40 + (-10)(t)$

$10t = 40 \Longrightarrow t = \frac{40}{10} = 4\ S$

الزمن الذي تستغرقه الكرة من لحظة قذفها لحين وصولها الى اعلى ارتفاع

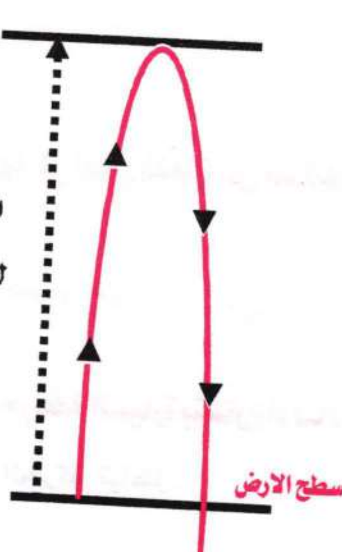
(3) لحساب سرعة الكرة بعد مرور 2s من لحظة قذفها



$v_f = v_i + gt \Longrightarrow v_f = 40 + (-10)(2)$

$v_f = 40 - 20 = 20\ m/s$

لحساب ارتفاع الكرة بعد مرور $t = 2S$ من لحظة قذفها .



$\Delta y = v_i t + \frac{1}{2} g t^2$

$\Delta y = 40 \times 2 + \frac{1}{2}(-10)(2)^2$

$\Delta y = 80 - 20$

$y = 60\ m \Longrightarrow$ الارتفاع $h = 60m$

(4) في السقوط الحر زمن الصعود = زمن النزول

∴ زمن النزول $t = 4\ S$

$v_f = v_i + gt$

$v_i = 0$. السرعة الابتدائية لحظة السقوط

$v_f = 0 + (-10)(4)$

$v_f = -40\ m/s$

* او يمكن حساب السرعة النهائية (V_f) لحظة اصطدامه بسطح الارض من بداية قذفه عندها يكون $V_i = 40m/s$ والزمن الكلي لصعود الجسم ونزوله = 8_s

$V_f = V_i + gt \rightarrow V_f = 40 + (-10)x8 = -40m/s$

اسئلة الفصل الثاني

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات التالية :

(1) الحركة تعبير يعود الى التغير في موقع الجسم نسبة الى .

a) اطار اسناد معين b) احد النجوم C) السحب d) الشمس

الجواب / هو a) اطار اسناد معين

(2) جسمان متماثلان في الشكل والحجم ولكن وزن احدهما ضعف وزن الاخر سقطا سوية من قمة برج (باهمال مقاومة الهواء) فأن .

a) الجسم الاثقل سيضرب سطح الارض اولاً ويمتلكان التعجيل نفسه .

b) الجسمان يصلان سطح الارض باللحظة نفسها ولكن الجسم الاثقل يمتلك انطلاقاً اكبر .

C) الجسمان يصلان سطح الارض باللحظة نفسها وبالانطلاق نفسه ويمتلكان التعجيل نفسه .

d) الجسمان يصلان سطح الارض باللحظة نفسها ولكن الجسم الاثقل يمتلك تعجيلاً اكبر .

الجواب / هو C) الجسمان يصلان سطح الارض باللحظة نفسها وبالانطلاق نفسه ويمتلكان التعجيل نفسه .

(3) في كل من الامثلة الاتية السيارة متحركة في اي منها لاتملك تعجيلا .

a) السيارة متحركة على منعطف افقي بانطلاق ثابت 50 Km/h .

b) السيارة متحركة على طريق مستقيم بانطلاق ثابت 70 Km/h .

C) تناقصت سرعة السيارة من (70 Km/h) الى (30 Km/h) خلال 20 S .

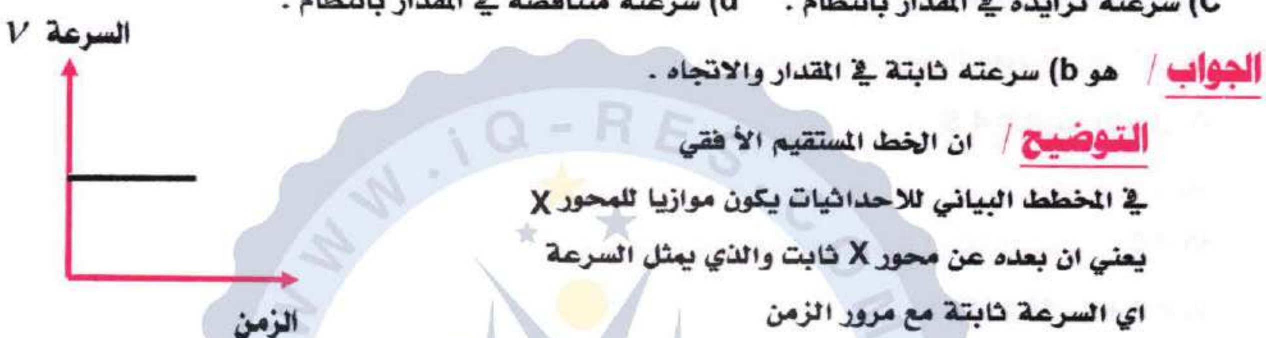
d) انطلقت سيارة من السكون فبلغت سرعتها 40 m/S بعد مرور 60 S .

الجواب / هو b) السيارة متحركة على طريق مستقيم بانطلاق ثابت 70 Km/h .

(4) عند رسمك للمخطط البياني (السرعة– الزمن) ($V-X$) يكون الخط المستقيم الافقي المرسوم في المخطط يعبر عن حركة الجسم اذا كانت .

a) سرعته تساوي صفر .   b) سرعته ثابتة في المقدار والاتجاه .

C) سرعته تزايدة في المقدار بانتظام .   d) سرعته متناقصة في المقدار بانتظام .

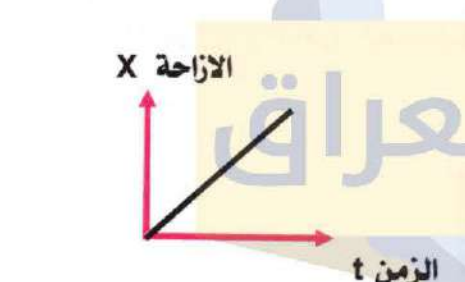


الجواب / هو b) سرعته ثابتة في المقدار والاتجاه .

التوضيح / ان الخط المستقيم الأفقي
في المخطط البياني للاحداثيات يكون موازيا للمحور X
يعني ان بعده عن محور X ثابت والذي يمثل السرعة
اي السرعة ثابتة مع مرور الزمن

---

(5) في المخطط البياني (الازاحة – الزمن) ($X - t$) يكون الخط المستقيم المائل الى الاعلى نحو اليمين المرسوم في المخطط يعبر عن حركة جسم عندما تكون .



a) سرعته تساوي صفر .

b) سرعته ثابتة في المقدار والاتجاه .

C) سرعته متزايدة في المقدار بانتظام .

d) سرعته متناقصة في المقدار بانتظام .

الجواب / هو b) سرعته ثابتة في المقدار والاتجاه .

التوضيح / $\text{Slope} = (\vec{V}_{avg}) = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$

---

(6) دراجة تتحرك في شارع مستقيم بتباطؤ منتظم يكون الرسم البياني (السرعة – الزمن) لحركتها عبارة عن .

السرعة
الزمن

a) خط المستقيم يميل الى الاعلى نحو اليمين .

b) خط مستقيم يميل الى الاسفل نحو اليمين .

C) خط مستقيم افقي .

d) خط منحني يميل الى الاعلى يزداد مع الزمن .

التوضيح/ لاحظ مثال 2 ص 39 كتاب

الجواب / هو b) خط مستقيم يميل الى الاسفل نحو اليمين .

---

(7) قذف حجر شاقوليا نحو الاعلى فوصل اعلى ارتفاع له (y) ثم سقط سقوطا حرا من ذلك الارتفاع راجعا الى النقطة التي قذف منها فأن سرعته المتوسطة تساوي .

a) صفر   b) $2\frac{y}{t}$ C) $\frac{y}{t}$ d) $\frac{1}{2}\frac{y}{t}$

الجواب / a) سرعته المتوسطة = صفر لأن Δy (الازاحة) تساوي صفر $V_{avg} = \frac{\Delta y}{\Delta t}$

س2/ في اي نوع من الحركة يكون مقدار السرعة المتوسطة يساوي مقدار السرعة الانية وضح ذلك .

ج/ حركة منتظمة ذات سرعة واتجاه ثابت حيث السرعة المتوسطة بين اي نقطتين A , B على مخطط الازاحة – الزمن هو ميل الخط المستقيم الواصل بينهما ويساوي الميل عند اي نقطة بين ABعندما يقترب الزمن الى الصفر.

س3/ مامقدار سرعة وتعجيل الجسم المقذوف نحو الاعلى وهو في قمة مساره .

ج / سرعته تساوي صفر . وتعجيله هو التعجيل الارضي $-9.8\ m/S^2$.

س4/ اذا كان العداد الموضوع امام السائق في السيارة يشير الى 70 Km/h خلال فترة زمنية معينة هل يعني ذلك السيارة هذه تتحرك خلال تلك الفترة بانطلاقه ثابت ؟ اما بسرعة ثابتة ام بتعجيل ثابت ؟ وضح ذلك .

الجواب / السيارة خلال تلك الفترة تتحرك بانطلاق ثابت اي مقدار السرعة فقط وليس اتجاهها . لانه قد تكون السيارة تسير بخط مستقيم او بمسار دائري .

س5/ وضح فيما اذا كانت حركة الدراجة في الامثلة الاتية تمتلك اولا تمتلك تعجيلا .

a) دراجة تسير بانطلاق ثابت وخط مستقيم .
b) دراجة تسير بانطلاق ثابت على منعطف افقي .
C) دراجة تسير بانطلاق ثابت على احد جانبي طريق مستقيمة ثم تنعطف وتعود تسير باتجاه معاكس وبانطلاق ثابت على الجانب الاخر من الطريق .

الجواب /

a) ليس لها تعجيل $a = 0$.
b) لها تعجيل يسمى تعجيل مركزي (a_c)
C) لها تعجيل (a) لأن الاتجاه تغير.

المسائل

س1/ سيارة تتحرك بسرعة (30m/s) فاذا ضغط سائقها على الكوابح تحركت السيارة بتباطؤ ($6m/s^2$) احسب مقدار . (1) سرعة السيارة بعد 2S من تطبيق الكوابح . (2) الزمن الذي تستغرقه السيارة حتى تتوقف عن الحركة . (3) الازاحة التي تقطعها السيارة حتى تتوقف عن الحركة .

الجواب /

1) $V_f = V_i + a\Delta t$

$V_f = 30 + (-6)(2) \rightarrow V_f = 30 - 12 = 18\ m/s$ سرعة السيارة بعد 2s

2) $V_f = V_i + a\Delta t \rightarrow 0 = 30 + (-6)(\Delta t) \rightarrow 0 = 30 - 6t \rightarrow 6t = 30 \rightarrow t = \frac{30}{6} = 5s$

3) $\Delta x = V_i\Delta t + \frac{1}{2}a(\Delta t)^2 = (30)(5) + \frac{1}{2}(-6)(5)^2 = 150 + (-75) = 75m$

يمكن حل 3 بالقانون التالي $V_f^2 = V_i^2 + 2a\Delta x$

$0 = (30)^2 + 2(-6)(\Delta x) \rightarrow 12\Delta x = 900 \rightarrow X = \frac{900}{12} = 75m$

س2/ سقط حجرا سقوطا حرا من جسر فاصطدم بسطح الماء بعد 2s من لحظة سقوطه احسب مقدار (1) ارتفاع الجسر فوق سطح الماء . (2) ارتفاع الحجر فوق سطح الماء بعد 1s من سقوطه . (3) سرعة الحجر لحظة اصطدامه بسطح الماء .

الجواب/

1) $V_i = 0 \rightarrow y = V_i + \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow y = 0 + \frac{1}{2}(-10)(2)^2 = -20m$

$y = -20\ m$ الاشارة السالبة تعني ان الازاحة نحو الاسفل

$\therefore h = 20\ m$ ارتفاع الجسر

2) $y = \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow y = \frac{1}{2}(-10)(1)^2 = -5m$ الازاحة من نقطة السقوط

$h = 20 - 5 = 15\ m$ ارتفاع الحجر فوق سطح الماء

3) $V_f = V_i + gt = 0 + (-10)(2) = -20m/s$ الاشارة السالبة تعني ان اتجاه السرعة النهائية نحو الاسفل

س3/ من نقطة على سطح الارض قذف حجر شاقوليا نحو الاعلى فوصل قمة مساره بعد (3s) من لحظة قذفه احسب . (1) مقدار السرعة التي قذف بها الحجر . (2) اعلى ارتفاع يصله الحجر فوق سطح الارض . (3) الازاحة الكلية والزمن الكلي خلال حركته .

الحل/

1) $V_f = V_i + gt \rightarrow 0 = V_i + (-10)(3) \rightarrow V_i = 30m/s$ مقدار السرعة التي قذف بها الحجر

$y = v_i t + \frac{1}{2}gt^2 \rightarrow y = (30)(3) + \frac{1}{2}(-10)(9) \rightarrow y = 90 - 45 = 45\ m \Longrightarrow h = 45\ m$

3) الازاحة الكلية = (الازاحة نحو الاعلى − الازاحة نحو الاسفل)

$45 - 45 = 0m$

$t_{total} = 3s + 3s = 6s$ لان زمن الصعود = زمن النزول

اسئلة أضافية الفصل الثاني

س1/ يتحرك جسم من السكون باتجاه محور (x) بتعجيل منتظم بعد 4 ثواني من بداية حركته اصبحت سرعته 10m/s جد الازاحة المقطوعة ومقدار التعجيل.

الحل/

1) $\Delta x = \left(\frac{V_i + V_f}{2}\right)\Delta t$

$V_i = 0 \quad , V_f = 10 m/s \quad \Delta t = 4 sec$

$\therefore \Delta x = \left(\frac{0+10}{2}\right) \times 4 = 20m$

$\Delta x = 20m$

2) $V_f = V_i + a\Delta t$

$10 = 0 + a \times 4$

$a = \frac{10}{4} = 2.5 m/s^2$

س2/ تتحرك سيارة من السكون على خط مستقيم بتعجيل منتظم مقدارة $4m/s^2$ جد:

1) الزمن الزم حتى تقطع السيارة مسافة (32m) 2) سرعة السيارة في نهاية هذه المدة

الحل/

1) $\Delta x = V_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$

$32 = 0 + \frac{1}{2}(4)\Delta t^2$

$\Delta t^2 = \frac{32}{2} = 16 \quad \Delta t = 4sec$

2) $V_f = V_i + a\Delta t$

$V_f = 0 + 4 \times 4 = 16 m/s$

س3/ قذف حجر من قمة بناية بسرعة ابتدائية 20m/s الى الأعلى من موقع (A) كما في الشكل وكان ارتفاع البناية 50m وعند رجوعه لم يصطدم سطح البناية وانما أستمر بالهبوط الى سطح الارض جد:

1) زمن رجوع الحجر الى نقطة قذفه عند (C)

2) اقصى أرتفاع تصل اليه الحجر عند (B)

3) سرعة الحجر عند (C)

4) وسرعة اصطدام الحجر عن (D)

5) زمن الكلي لوصول الحجر عند (D)

الحل/

1) عند B $V_f = 0$

$$V_f = V_i + g\Delta t$$
$$0 = 20 - 10\Delta t$$
$$-20 = -10\Delta t$$

$\Delta t = \frac{-20}{-10} = 2sec$ زمن وصول الحجر عند قمة مساره

عند رجوعه الى نقطة (c) نقطة انطلاقه

زمن الصعود = زمن النزول

$$\Delta t = 4sec$$

2) لحساب أعلى ارتفاع تصل اليه الحجر عند B

$$\Delta y = v_i\Delta t + \frac{1}{2} g\Delta t^2$$
$$\Delta y = 20 \times 2 + \frac{1}{2} (-10) \times 4$$
$$\rightarrow \Delta y = 40 - 20 = 20m$$
$$H = 20m$$

B

A

C

D

سطح الارض

3) سرعة الحجر عند عودته الى نقطة C الزمن الكلي ($\Delta t = 4sec$)

$$V_f = V_i + g\Delta t$$
$$V_f = 20 + (-10) \times 4 = 20 - 40$$

$V_f = -\frac{20m}{s}$ الاشارة سالبة لان اتجاه الحركة نحو الاسفل

4) سرعة اصطدام الحجر بسطح الارض عند نقطة D

سنبدأ الحركة من نقطة C حيث $V_i = -20m/s$ $\Delta y = 50m$

$$V_f^2 = V_i^2 + 2g\Delta t \rightarrow V_f^2 = 400 + 2(-10)(-50)$$
$$V_f^2 = 400 + 1000 = 1400$$

$V_f = -37.4$ m/s لان اتجاه الحركة نحو الاسفل

5) الزمن الكلي المستغرق نبدأ الحركة من نقطة A

$$V_f = V_i + g\Delta t$$
$$-37.4 = 20 - 10\Delta t \rightarrow -37.4 - 20 = -10\Delta t$$
$$10\Delta t = 57.4 \rightarrow \Delta t = 5.74 sec$$

الفصل الثالث

قوانين الحركة The Laws of Motion

قوانين الحركة

مفهوم القوة وانواعها /

القوة /

هي المؤثر الذي يغير او يحاول تغيير الحالة الحركية للجسم او شكل الجسم وسلوك الاجسام يعتمد على محصلة القوى المؤثرة فيها.

(❖) القوة من الكميات الاتجاهية تخضع لعملية الجمع الاتجاهي.

(❖) وحدة قياس القوة هي Newton حيث $1\,N = kg\frac{m}{2}$

(❖) يستعمل القبان الحلزوني لقياس القوة.

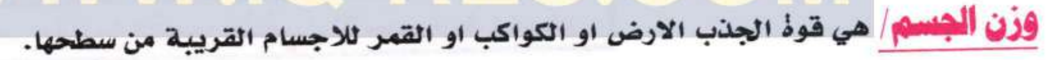


انواع القوى:

١- **قوى التماس /** وهي القوى التي تؤثر بين جسمين بينهما تماس مثل قوى (السحب – الدفع – الكبس– الشد– اللي.

٢- **قوى ينعدم فيها التماس/** وهي القوى التي تؤثر بين جسمين ليس بينهما تماس وتمثل الاساسية في الطبيعية مثل ((قوة الجاذبية– القوة الكهربائية– القوة المغناطيسية– القوة النووية)).

قوة الجاذبية : هي قوة التجاذب المتبادلة بين كتلتين في الكون مثل قوة الجاذبية التي تؤثر فيها الشمس على الارض وقوة جذب الارض للاجسام التي فوقها او بالقرب من سطحها.



وزن الجسم/ هي قوة الجذب الارض او الكواكب او القمر للاجسام القريبة من سطحها.

س/ علام يعتمد مقدار وزن الجسم؟

ج/ من خلال العلاقة W-mg

فانه يعتمد على ١) كتلة الجسم m

٢) تعجيل الجاذبية (g)

(b) القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية .

مثل قوة كهربائية بين شحنتين كهربائيتين ساكنتين للمثل انجذاب قصاصات الورق نحو المشط المدلوك بالصوف او مثل قوة مغناطيسية بين قطبين مغناطيسيين او بين مغناطيس وقطعة من الحديد .

(c) القوة النووية :

وهي نوعان .

النوع الاول : قوة نووية قوية ، تربط مكونات النواة (نيوكلونات) مع بعضهما .

النوع الثاني : قوة نووية ضعيفة ، كانحلال جسيمات بيتا داخل نواة الذرة .

القصور الذاتي والكتلة /

لقد اجرى العالم غاليلو سلسلة من التجارب اذ استعمل مستويين مصقولين مائلين متقابلين كما في الشكل

١) عند ترك كرة تتدحرج من قمة سطح الاول (a) فان مقدار سرعتها تزداد اثناء نزولها وتبلغ مقدارها الاعظم عن أسفل السطح الاول وعندما تصعد هذه الكرة على السطح الثاني تقل سرعتها حتى تتوقف عند ارتفاع تقريباً يساوي ارتفاعها الاول.

٢) عند جعل ميل السطح الثاني اقل مما كان عليه عن السطح الاول وجد ان الكرة في هذه الحالة تستمر على الحركة وتتوقف بعد ان تقطع مسافة أكبر من الحالة الاولى.

٣) عند جعل السطح الثاني أفقياً كما في الشكل (٢) وجد ان الكرة تستمر في حركتها.

Start Stop (a) Start Stop (b) Start Rolls on and on (c)

الشكل (10)

القصور الذاتي او الاستمرارية هي صفة من صفات المادة التي تجعل الجسم عاجزاً او قاصراً عن تغير حالته الحركية لذلك فأن صافي محصلة القوى الخارجية المؤثرة عليه = صفر.

(•) القصور الذاتي يعتمد على كتلة الجسم (العلاقة طردية).

تعريف القصور الذاتي /

هي تلك الخاصية التي يمتلكها الجسم التي تحدد مقدار المقاومة التي يبديها الجسم لأي تغير في حالته الحركية.

س/ علل/ لو كنت في ملعب رياضي والقيت اليك كرتان على انفراد الاولى كرة منضدة والثانية كرة بيسبول. فأذا حاولت مسك كل منهما بيدك اي منهما يتطلب تسليط قوة أكبر لكي تمسكها؟ ولماذا؟

ج/ كرة البيسبول تحتاج قوة أكبر لايقافها من القوة اللازمة لايقاف كرة المنضدة لان كرة البيسبول كتلتها أكبر فهي تبدي مقاومة أكبر على تغيير حالتها الحركية.

قوانين نيوتن في الحركة

القانون الاول / ويسمى بقانون القصور الذاتي او الاستمرارية / وينص

الجسم يبقى ساكن والمتحرك بسرعة منتظمة يبقى متحرك بسرعته المنتظمة عندما تكون محصلة القوى المؤثرة عليه تساوي صفر.

س/ اشرح نشاطا توضح فيه القصور الذاتي:

ادوات النشاط/ قلم، حلقة معدنية يقية، قنينة مفتوحة الفوهة.

خطوات النشاط:

- ضع القنينة بوضع شاقولي على سطح منضدة أفقية.
- ضع الحلقة المعدنية لمستوى شاقولي فوق فوهة القنينة.
- ضع القلم بوضع شاقولي وبهدوء فوق الحلقة (شكل a)
- اضرب بيدك الحلقة بسرعة بقوة أفقية من منتصفها شكل (b)
- نجد الحلقة تزاح جانباً ويسقط القلم 8 داخل القنينة شكل (c)

الاستنتاج/ ان الحلقة عندما أثرت فيها قوة أفقية، تحركت بتعجيل مع بقاء القلم ساكناً لحظياً في موضعه لعدم وجود قوة احتكاك له.

علل مايلي :

(1) اذا كنت جالسا في سيارة وتحركت بشكل مفاجيء الى الامام فأن جسمك يندفع الى الخلف .

ج/ لان الجسم قاوم التغير الحاصل في حالته الحركية فهو يحاول ان يبقى ساكناً بسبب قصوره الذاتي حسب قانون نيوتن الاول.

(2) اذا كنت جالسا في سيارة متحركة وتوقفت بشكل مفاجيء فأن جسمك يندفع الى الامام .

ج/ لان الجسم يقاوم التغير الحاصل في مقدار سرعته ، بسبب قصوره الذاتي للجسم حسب قانون نيوتن الاول.

(3) عندما تسير السيارة في منعطف افقي بانطلاق ثابت فأن الجسم يستمر في حركته المستقيمة باتجاه المماس

ج/ لان جسمك يقاوم التغير الحاصل في اتجاه سرعته ،، بسبب قصوره الذاتي للجسم حسب قانون نيوتن الاول.

(4) لايمكن تحريك الباخرة الكبيرة من السكون بوساطة زورق صغير يؤثر فيها بقوة ؟

ج/ حسب قانون نيوتن الاول الزورق الصغير قوته لاتكفي لتغير حالة السكون للباخرة لأن الباخرة كتلتها كبيرة اي قصورها الذاتي كبير اي مقاومتها للتغير كبيرة حسب قانون نيوتن الاول.

(5) يندفع الراكب على حصان الى الامام عندما يتوقف الحصان بصورة مفاجئة .

ج / لأن الراكب يقاوم التغير الحاصل في مقدار سرعته بسبب قصوره الذاتي عن تغير حالته الحركية .

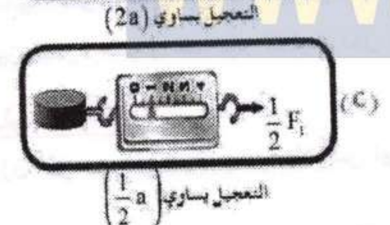
قانون نيوتن الثاني /

اذا كان قانون نيوتن الاول ينطبق على الاجسام التي محصلة القوى عليها صفر فأن قانون نيوتن الثاني ينطبق على الاجسام التي محصلة القوى عليها لاتساوي صفر اي هناك قوى خارجية .



س/ أشرح نشاطا يوضح العلاقة بين تعجيل الجسم ومقدار القوة المؤثرة فيه بثبوت الكتلة

أدوات النشاط: قبان حلزوني – قرص معدني- سطح أفقي أملس.



خطوات النشاط:

1) نثبت أحد طرفي القبان بحافة القرص ونمسك طرفه الاخر بيدك.

2) أسحب القرص بقوة أفقية مقدارها $(\vec{F}_1)$ نجد ان القرص يتحرك على السطح الافقي بتعجيل (a) شكل (a).

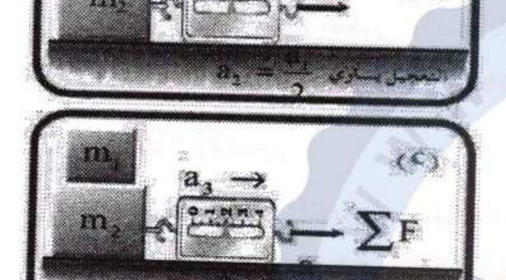
3) أسحب القرص بقوة أفقية أكبر تساوي $(2\vec{F}_1)$ نجد ان القرص يتحرك على السطح الافقي بتعجيل (za) شكل (b) اي يتضاعف التعجيل عند مضاعفة صافي القوة

4) أسحب القرص بقوة أفقية أصغر $\frac{1}{2}\vec{F}$ نجد ان القرص يتحرك على السطح بتعجيل $\frac{1}{2}a$ شكل (c)

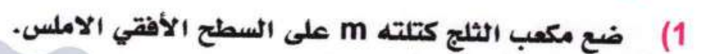
الاستنتاج/ ان تعجيل الجسم يتناسب طردياً مع صافي القوة محلصة القوى المؤثرة في الجسم ويتجه التعجيل دائماً بأتجاه صافي القوى (بثبوت كتلة الجسم) $\vec{a}\ \alpha \Sigma\vec{F}$.

س/ اشرح نشاط يوضح العلاقة بين تعجيل الجسم وكتلة الجسم بثبوت القوة

أدوات النشاط: قبان حلزوني – مكعبين من الثلج– سطح أفقي أملس.



خطوات النشاط:



1) ضع مكعب الثلج كتلته m على السطح الأفقي الاملس.
2) ثبت أحد طرفي القبان بالمكعب وامسك طرفه الاخر بيدك.
3) أسحب المكعب الاول بقوة أفقية مقدارها ΣF تجد ان المكعب يتحرك بتعجيل معين $\vec{a}_1$ شكل (a).
4) ضع مكعب ثاني من الثلج كتلته m2 وهو ضعف كتلة المكعب الاول، على السطح الافقي .
5) أسحب المكعب الثاني والذي كتلته $(m_2=2m_1)$ بالقوة الأفقية نفسها المسلط على المكعب الاول ΣF شكل (b) نجد ان المكعب سيتحرك بتعجيل $\vec{a}_2$ يساوي نصف $\vec{a}_1$ $\quad \vec{a}_2 = \frac{1}{2}\vec{a}_1$
6) ضع المكعب m_1 فوق المكعب m_2 أسحب المجموعة بالقوة نفسها نجد ان تعجيل $\quad \vec{a}_3 = \frac{1}{3}\vec{a}_1$



الاستنتاج/ ان تعجيل الجسم يتناسب عكسياً مع كتلته بثبوت صافي القوة المؤثرة $\quad a \propto \frac{1}{m}$

من العلاقتين نستنتج ان : $\vec{a} \propto \frac{\sum \vec{F}}{m}$ حيث $\sum F = 1\ N$ صافي مقدار القوة المؤثرة ،

كتلة الجسم $m = 1\ Kg$ التعجيل $a = 1\ m/s^2$

Force = Mass X Acceleration

اي $\vec{F} = m\vec{a}$ وهي الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الثاني .

• صافي القوة الذي مقداره نيوتن واحد هو تلك القوة (F=1N) التي تعطي كتلة قدرها كغم واحد (m = 1 Kg) تعجيل قدرة متر واحد في الثانية لكل ثانية ($a = m / S^2$) .

الوزن والكتلة /

$$\vec{W} = m\vec{g}$$

ان وزن الجسم هي قوة جذب الارض لها ورمزها (W)

Weight = mass x accele ration of gravity

ومن قانون نيوتن الثاني $\vec{F} = m\vec{a}$ فان $\vec{a} = \vec{g}$ للاجسام الساقطة سقوطاً حراً حيث g تاخذ الاشارة السالبة

قانون الجذب العام /

كل كتلتين في الكون تجذب احدهما الاخر بقوة تتناسب طردياً مع حاصل ضرب الكتلتين وعكسياً مع مربع البعد بين مركز الكتلتين .

$$\sum \vec{F} \propto \frac{m_1 m_2}{d^2} \rightarrow \sum \vec{F} = G\frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$\sum \vec{F}$ صافي القوة وهي قوة الجاذبية الارضية G ثابت الجذب العام مقداره $6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{Kg^2}$

m_1 الكتلة الاولى ، m_2 الكتلة الثانية ، d^2 مربع البعد بين مركزي الكتلتين .

ملاحظة:

(1) مقدار الجاذبية الارضية يتغير بتغير بعد الجسم عن مركز الارض ويتناسب معها طردياً – اي تزداد الجاذبية كلما اقتربنا من مركز الارض.

(2) لا تتغير كتلة الجسم مهماً كان موقعها سواء على سطح الارض او سطح القمر ولكن الذي يتغير هو وزنها اي قوة جذب الكوكب او القمر لها.

فكر أيهما أكبر وزنا؟ جسم عند خط الاستواء أم عند القطبين؟

ج/ وزن الجسم عند القطبين أكبر لان قوة جذب الارض عند القطبين أكبر حيث بعد الجسم عن مركز الارض يكون أقل مما هو عليه عند خط الاستواء.

فكر أفرض انك تمتلك قطعة من الذهب وزنها 1N وانت على سطح الارض ويمتلك رائد الفضاء أيضا قطعة من الذهب وزنها 1N وهو على سطح وأيهما يمتلك ذهبا أكبر كتلة:

Sol: $g_{القمر} = \frac{1}{6} g_{الارض}$

$$W_{الارض} = W_{القمر}$$

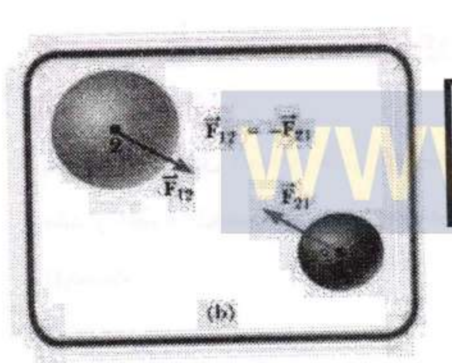
$$m_{الارض} g_{الارض} = m_{القمر} g_{القمر}$$

$$m_{الارض} g_{الارض} = m_{القمر} \frac{1}{6} g_{الارض}$$

∴ كتلة الذهب على القمر أكبر من كتلة الذهب على الارض $m_{القمر} = 6\, m_{الارض}$

قانون نيوتن الثالث/ قانون الفعل ورد الفعل

اي لكل فعل رد فعل يساوية في المقدار ويعاكسه في الاتجاه يؤثران في جسمين مختلفين ويقعان على خط فعل واحد.



- في الشكل المجاور يوضح كتلتان m_1 ، m_2 مختلفتان بالمقدار فان m_1 تؤثر على m_2 بقوة جذب F_{12} وكذلك m_2 تؤثر على m_1 بقوة جذب تساوي الاولى بالمقدار وتعاكسها بالاتجاه $-F_{21}$

س/ بماذا تمتاز قوتا الفعل ورد الفعل؟

ج/ 1) متساويتان بالمقدار متعاكستان بالاتجاه.

2) يؤثران على جسمين مختلفين.

3) يقعان على خط فعل مشترك.

س/ علل/ عند سرك على الارض يتوجب عليك دفع الارض بقوة كي تتجه للامام؟

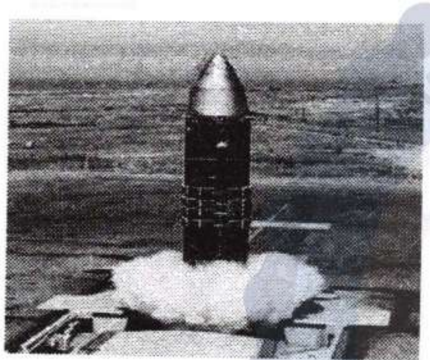
ج/ طبقاً لقانون نيوتن الثالث فان دفع الارض بقوة (فعل) فأن الارض تدفع القدم بقوة (رد فعل) مما تسبب الحركة نحو الامام.

س/ علل/ في رياضة التجذيف الجالسون في القارب يدفعون الماء بقوة الى الخلف فيندفع القارب الى الامام؟

ج/ طبقاً لقانون نيوتن الثالث فان دفع الماء بقوة الى الخلف (فعل) فأن الماء في نفس الوقت يدفع القارب الى الامام (رد فعل).

س/ علل/ يدفع السابح لوحة القفز لكي يغطس في الماء

ج/ طبقاً لقانون نيوتن الثالث ان دفع السابح لوحة القفز بقوة (فعل) سنجد ان لوحة القفز ترتد عكسياً في الوقت نفسه فتدفع السابح بقوة نحو الاعلى (رد فعل).

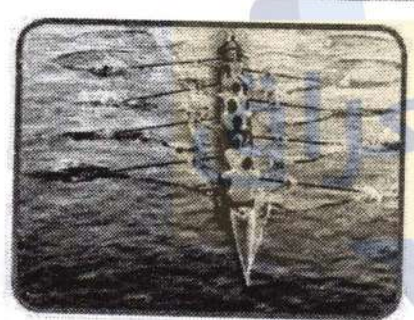


ملاحظة :

الارض تجذب التفاحة والتفاحة تجذب الارض بنفس مقدار القوة ولكن بعكس الاتجاه . ونفس الشيء فان الارض والقمر احدهما يجذب الاخر بنفس مقدار القوة ولكن متعاكستان بالاتجاه .

سؤال :

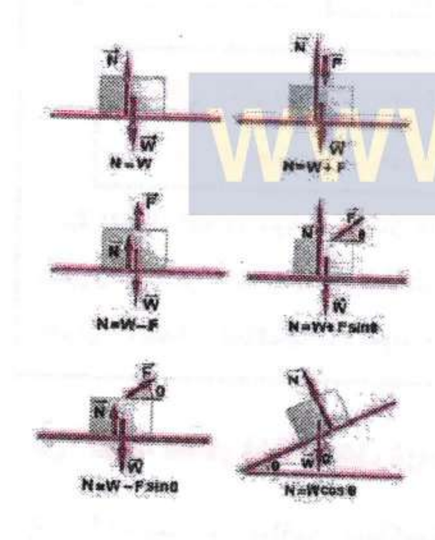
اذا كان لكل فعل رد فعل يساويه في المقدار ويعاكسه في الاتجاه؟ هل ان محصلة القوى تساوي صفر ؟



ج/ كلا لان قانون نيوتن الثالث ينطبق على القوة المؤثرة في جسمين مختلفين بينما محصلة القوى تنطبق على القوى المؤثرة في جسم واحد

تطبيقات على قوانين نيوتن في الحركة :

القوة العمودية :



هي قوة رد فعل السطح على الجسم ومقدارها غير ثابت فهو يساوي مقدار القوة المحصلة المؤثرة عمودياً على السطح باتجاه معاكس لتلك المحصلة.

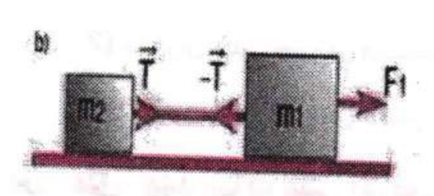
تمتاز:

(1) عمودية دائماً على السطح وتتجه بعيداً عن السطح.

(2) مقدارها غير ثابت.

(3) في حالة انعدام هذه القوة فأن الجسم سيغوص داخل ذلك السطح او ينزل للاسفل بتعجيل.

(b) قوة الشد /



عند سحب جسم بخيط او حبل فأن الحبل يؤثر على الجسم بقوة تسمى قوة الشد $\vec{T}$. يمكن تغير اتجاه قوة الشد باستعمال البكرات حيث لايتغير مقدار الشد (على اعتبار البكرات المستعملة مهملة الوزن وعديمة الاحتكاك)

(C) القوى الداخلية والقوى الخارجية

عندما يكون النظام (مجموعة الاجسام) معزولة فأن القوى المؤثرة فيه تدعى بالقوى الخارجية $\vec{F}_{ext}$ تكون محصلة القوى الشاقولية تساوي صفر لان N = W عندما لاتوجد قوة احتكاك وتكون $\vec{F}$ هي القوة الخارجية الوحيدة المؤثرة على النظام .

اما القوى الداخلية فهي مجموعة قوى $-\vec{T}$, $\vec{T}$, $-\vec{F_1}$, $\vec{F_1}$ حيث

$\vec{F}$ قوة خارجية مؤثرة في النظام

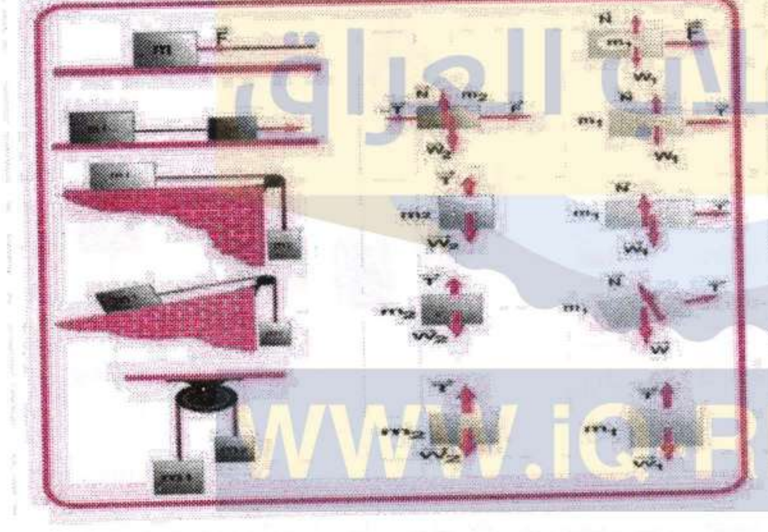
$\vec{F_1}$ القوة التي تؤثر بها كتلة m_1 على m_2

$-\vec{F_1}$ القوة التي تؤثر بها كتلة m_2 على m_1

$\vec{T}$ قوة الشد في الحبل المؤثرة في m_2

$-\vec{T}$ قوة الشد في الحبل المؤثرة في m_1

عند تطبيق قانون نيوتن الثاني تؤخذ فقط القوى الخارجية (اذا كان النظام باكمله) اما اذا اخذ النظام بصورة مجزئة فأن القوى الداخلية تعد قوى خارجية مؤثرة في كل جسم .



س/ ما فائدة مخطط الجسم الحر

ج/ لحساب محصلة القوى المؤثرة على الجسم بصورة صحيحة.

س/ ما الذي يتطلبه مخطط الجسم الحر؟

ج/ (1) تحليل القوى المؤثرة في الجسم او النظام بصورة صحيح.

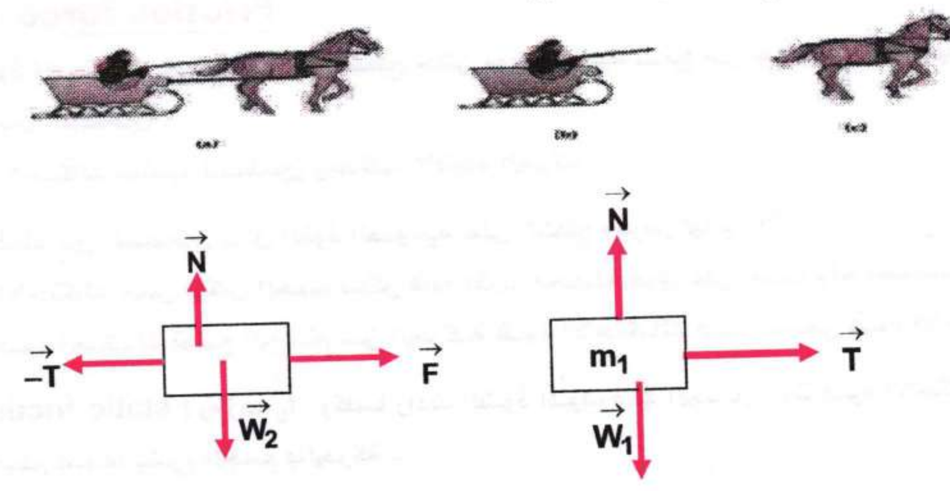
(2) عزل الجسم (الساكن او المتحرك) عن محيطه.

(3) توضيح كل قوة من القوى المؤثرة في الجسم.

فكر/

في الشكل 31 a حصان يسحب زلاجة على الجليد بقوة افقية مسبباً تعجيل الزلاجة وضح على الشكل 31b القوة المؤثرة في الزلاجة وضح على الشكل 31c القوى المؤثرة في الحصان .

نعتبر الزلاجة الكتلة m_2 ، نعتبر الحصان الكتلة m_1 .



مثال 1 / جسمان كتلة احدهما 2 Kg وكتلة الاخر 3Kg معلقين شاقوليا بطرفي حبل خفيف يمر فوق بكرة مهملة الوزن والاحتكاك احسب مقدار التعجيل للجسمين والشد في الحبل .

الحل / بغياب الوزن والاحتكاك للبكرات فأن الشد متساوي في الحبل للجسمين ناخذ كل جسم على حده ونحلل القوى المؤثرة عليه

الجسم الاول الصاعد $F_1 = m_1a$

حيث F محصلة القوى على الجسم الاول والتي تساوي $T - W$

$$T - W_1 = m_1a$$
$$T - m_1g = m_1a$$
$$T - 2\times10 = 2a$$
$$T - 20 = 2a \quad .... (1)$$

الجسم الثاني النازل $F_2 = m_2a$

حيث F محصلة القوى على الجسم الثاني والتي تساوي $W - T$

$$W_2 - T = m_2a$$
$$m_2g - T = m_2a$$
$$3\times10 - T = 3a$$
$$30 - T = 3a \quad .... (2)$$

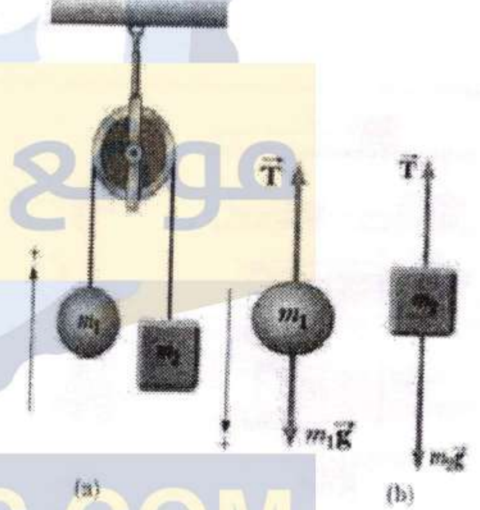
وبجمع المعادلتين

$$T - 20 = 2a \quad .... (1)$$
$$30 - T = 3a \quad .... (2)$$

$$30 - 20 = 5a$$
$$10 = 5a \rightarrow a = 2\ m/s^2$$

نعوض قيمة a في احد المعادلتين لنجد قيمة T

$$T - 20 = 2\times2 \quad .... (1)$$
$$T = 24\ N$$



سؤال / ماذا تتوقع لو كانت $m_1 = m_2$

جواب / عندما تكون $m_1 = m_2$ فانها ستكون حالة اتزان والتعجيل $a = 0$ وعندها يكون $T = m_1g = m_2g$

الاحتكاك Friction :

ان اي جسم عندما يتحرك على سطح لابد من وجود قوة احتكاك تعيق حركته كالهواء والماء ان قوة الاحتكاك هذه مهمة في حياتنا اليومية فهي تسمح لنا بالمشي والركض وحركة العجلات وقد تكون مضرة كما في احتكاك المعادن في اجزاء الماكنة .

قوى الاحتكاك Friction force :

ان سبب ظهور قوة الاحتكاك بين سطح جسم وسطح خشن موضوع عليه ناتج من حدوث تلامس بينهما ينتج عنه تداخل النتوآت بين السطحين .

- اتجاه قوة الاحتكاك مماسياً للسطحين ومعاكساً لاتجاه الحركة .
- القوة الضاغطة بين السطحين تمثل القوة العمودية على السطح ويرمز لها بـ $\vec{N}$.
- تظهر قوة الاحتكاك حتى لوكان الجسم ساكن فاذا اثرت محصلة قوى على جسم ولم تستطيع تحريكه فلابد من وجود قوة احتكاك تمنع الجسم من الحركة قوة الاحتكاك هذه تسمى قوة الاحتكاك السكوني (static friction force) رمزها $\vec{f_s}$ وكلما زادت القوة المؤثرة في الجسم زادت قوة الاحتكاك هذه ويكون مقدارها الاعظم عندما يشرع الجسم بالحركة .

ان $\vec{f_s}$ تتناسب مع القوة العمودية $\vec{N}$ بالعلاقة التالية:

$$f_{s\,max} = \mu_s \vec{N}$$

حيث (μ_s) ويقرأ ميو يمثل معامل الاحتكاك السكوني .

وعندما تكون القوة المؤثرة اعلى من قوة الاحتكاك السكوني يبدأ الجسم بالحركة وتقل قوة الاحتكاك وتسمى حينها قوة احتكاك انزلاقي (حركي) Force Kinetic Friction رمزها f_K .

قوة الاحتكاك الانزلاقي ثابتة ضمن السرع الصغيرة وتتناسب طردياً مع القوة العمودية بالعلاقة التالية .

$$f_k = \mu_k \vec{N}$$

(⭑) **ان معامل الاحتكاك يعتمد على طبيعة الجسمين المتلامسين ولايعتمد على مساحة السطحين المتلامسين .**

علل/ دفع صندوق على سطح مائل لا يتحرك ما نوع القوة المعرقلة له ومتى يكون أعظم مقدار لها؟

ج/ القوة التي تجعل الصندوق لا يتحرك هي قوة الاحتكاك السكوني (f_s) وأعظم مقدار لها عندما الجسم يشع بالحركة اي (على وشك الانزلاق).

مثال6/ وضع جسم كتلته 150Kg على سطح افقي كما في الشكل اثرت فيه قوة ساحبة 300N تعمل زاوية 37° فوق الافق جعلته على وشك الحركة احسب (1) معامل الاحتكاك السكوني بين الجسم والسطح الافقي (2) تعجيل الجسم لو تضاعفت القوة المؤثرة فيه ومعامل الاحتكاك الانزلاقي (الحركي) يكون $\mu_k = 0.1$.

الحل/

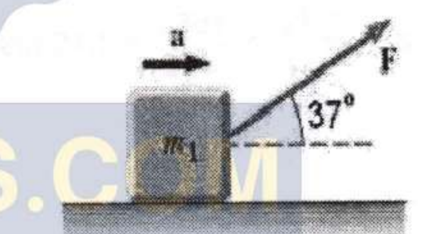
1) $f_s = F\cos\theta$

$f_s = 300 \cos 37 = 300 \times 0.8 = 240$ N

$N = w - F\sin 37$

$= 1500 - 300 \times 0.6 = 1500 - 180 = 1320$ N

$f_s = \mu_s N \quad , \quad \mu_s = \frac{f_s}{N} = \frac{240}{1320} = 0.18$



2) القوة 300N عندما تتضاعف تكون 600 N

مركبة القوة الافقية $\therefore F_x = F\cos 37 \rightarrow F_x = 600 \times 0.8 = 480$ N

مركبة القوة الشاقولية $F_y = F \sin 37 = 600 \times 0.6 = 360$ N

قانون نيوتن الثاني $\sum F_x = ma = f_s - f_k$

$F \cos 37 - f_k = ma$

$f_k = \mu_k N$ نجد N , نجد f_k

$N = w - F \sin 37 = 1500 - 360 = 1140$ N

$f_k = 0.1 \times 1140 = 114$ N

محصلة $\therefore \sum F_x = ma \rightarrow F \cos 37 - f_k = ma$

$480 - 114 = 150\,a \rightarrow 366 = 150\,a \rightarrow a = \frac{366}{150} = 2.44\ m/s^2$

مثال7/ وضع صندوق كتلته 400 Kg على سطح مائل خشن مسك السطح من احد طرفيه وجعل يميل عن الافق ثم زيد ميله تدريجيا عن المستوى الافقي وعندما اصبحت زاوية ميل السطح°30 فوق الافق كان الصندوق على وشك الانزلاق احسب . (1) قوة الاحتكاك السكوني حينما يوشك الصندوق على الحركة (2) تعجيل الصندوق عندما يكون معامل الاحتكاك الانزلاقي = $\mu_k = 0.1$.

الحل/ صافي قوة الاحتكاك = المركبة الافقية = قوة الاحتكاك الاستاتيكي – قوة الاحتكاك الانزلاقي

$f_s = mg \sin 30 \rightarrow f_s = 400 \times 10 \times \frac{1}{2} \rightarrow f_s = 2000$ N

من الشكل نجد : $f_s = mg \sin 30$

$N = mg \cos 30$

لايجاد التعجيل نطبق قانون نيوتن الثاني $\sum \vec{F_x} = m\vec{a}$

$\sum \vec{F_x} = f_s - f_k \rightarrow \sum F_x = w \sin 30 - f_k$

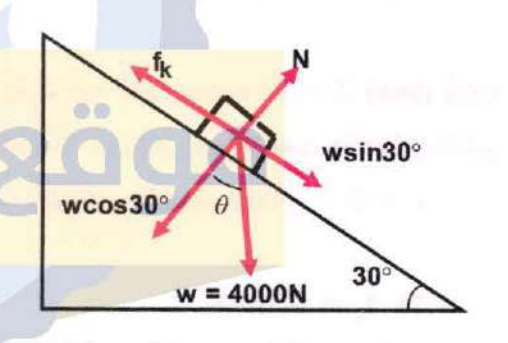
$\sum F_x = mg \sin 30 - f_k$

$f_k = \mu_K N$

$f_k = 0.1 \times 400 \times 10 \times 0.866 \rightarrow f_k \simeq 340$ N

$\sum F_x = 2000 - 340 = 1660$ (صافي قوة الاحتكاك)

$a = \frac{\sum F_x}{m} = \frac{1660}{400} = 4.15 m/s^2$ تعجيل الصندوق



حل اسئلة الفصل الثالث

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الاتية :

(1) اثرت محصلة قوى خارجية في جسم فحركته من السكون ، فاذا كان مقدار واتجاه تلك المحصلة معلوما وكتلته معلومة عندها يمكن تطبيق القانون الثاني لنيوتن لايجاد :

a) وزن الجسم b) انطلاق الجسم

C) ازاحة الجسم d) تعجيل الجسم

الجواب /هو d) تعجيل الجسم لأن قانون نيوتن الثاني هو $\vec{F} = m\vec{a}$

(2) عندما يسحب حصان عربة فان القوة التي تسبب في حركة الحصان الى الامام هي :

a) القوة التي تسحب العربة .

b) القوة التي تؤثر فيها العربة على الحصان .

C) القوة التي يؤثر فيها الحصان على الارض .

d) القوة التي تؤثر فيها الارض على الحصان .

الجواب /هو d) القوة التي تؤثر فيها الارض على الحصان .

التوضيح/ عندما يدفع الحصان الارض بقدميه فانه (فعل) فيكون رد الفعل قوة دفع الارض للحصان .

(3) قوة الاحتكاك بين سطحين متماسين لاتعمتد على :

a) القوة الضاغطة عمودياً على السطحين المحتكين .

b) مساحة السطحين المحتكين .

c) الحركة النسبية بين السطحين المحتكين .

d) وجود زيت بين السطحين او عدم وجوده .

الجواب /هو b) مساحة السطحين المحتكين .

التوضيح/ تعتمد قوة الاحتكاك على طبيعة السطح (نظافة ودرجة نعومة السطح) .

(4) اذا اردت ان تمشي على ارض جليدية من غير انزلاق فمن الافضل ان تكون حركتك .

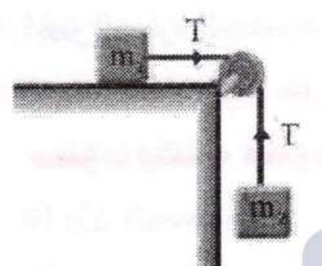
a) بخطوات طويلة . b) بخطوات قصيرة .

c) على مسار دائري . d) على مسار متموج افقياً.

الجواب /هو b) بخطوات قصيرة .

التوضيح/ لأن الخطوة القصيرة تحتاج قوة دفع قليلة من قبل القدم فيكون رد فعل الارض الجليدية اقل .

(5) الكتلتان (m_1,m_2) مربوطتان بسلك مهمل الوزن كما في الشكل المجاور وكانت الكتلة m_1 تتحرك على سطح افقي املس في حين m_2 معلقه شاقوليا بطرق السلك فان الشد في السلك (T) يساوي :



a) $T = 0$

b) $T < m_2g$

c) $T = m_2g$

الجواب / هو b) $T < m_2g$

التوضيح بما ان m_1 تتحرك يعني ان m_2g (الوزن W_2) هو اكبر من الشد T وتكون الحركة الى الاسفل فيكون $T < m_2g$.

(6) القوة الافقية 40 N تلزم لجعل صندوق من الفولاذ كتلته 10 Kg على وشك الشروع بالحركة فوق ارض افقيه من الخشب عندئذ يكون مقدار معامل الاحتكاك السكوني μ_s يساوي .

a) 0.08   b) 0.25

C) 0.4   d) 2.5

الجواب / هو $\mu_s = 0.4$

التوضيح

$F = f_s = \mu_s mg$

$40 = \mu_s mg$

$40 = \mu_s \times 100$

$\mu_s = \frac{40}{100} = 0.4$

(7) القوة 10 N تكسب جسما تعجيلا مقداره $2m/s^2$ في حين القوة التي مقدارها 40N تكسب الجسم نفسه تعجيلا مقداره يساوي :

a) $4\ m/s^2$ b) $8\ m/s^2$

c) $12\ m/s^2$ d) $16\ m/s^2$

الجواب / هو b) $8\ m/s^2$

التوضيح

$F = m a$

$10 = m \times 2$

$M = \frac{10}{2} = 5\ Kg$

$F = ma$

$40 = 5\ a$

$a = \frac{40}{5} = 8\ m/s^2$

(8) جسم كتلته (m) معلق بحبل في مصعد فاذا كان المصعد يتحرك للاعلى بسرعة ثابتة فأن الشد في الحبل :

a) يكون مساوياً (mg)

b) اقل من (mg)

c) اكبر من (mg)

d) تتحد قيمته بناءاً على مقدار السرعة .

الجواب / هو $T = mg$

التوضيح

من قانون نيوتن الثاني $F = ma$

بما ان السرعة ثابتة فأن صفر = a

بما ان الجسم يتحرك الى الاعلى فأن الشد اكبر من وزن الجسم $F = T - W$

$T - w = ma$

$T - w = m \times o$

$T - w = 0$

$T = w$

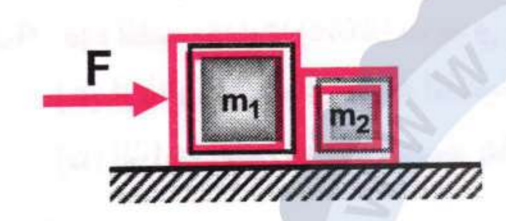
اي $T = mg$

المسائل

س1/ **يبين الشكل المجاور الجسمان (m_2 , m_1) في حالة تماس موضوعان على سطح افقي املس كانت كتلة الجسم الاول $m_1 = 4$ Kg وكتلة الجسم الثاني $m_2 = 2$ Kg فاذا اثرت قوة افقية F مقدارها 12N تدفع الكتلة m_1 كما في الشكل جد مقدار تعجيل المجموعة المؤلفة من الجسمين .**

$F_1 \longrightarrow$ 4 Kg 2 Kg

m_1 m_2



الحل/ بما ان الجسمين متماسان فيمكن معاملتهما كجسم واحد

$m_{كلي} = m_1 + m_2 = 4 + 2 = 6$ Kg

$F = ma \rightarrow 12 = 6a$

$\therefore a = \frac{12}{6} = 2\ m/s^2$

س2/ **جسم كتلته 4 Kg موضوع على سطح افقي خشن ويتصل بطرف سلك يمر على بكرة ملساء مهملة الوزن ومعلقة بالطرف الآخر للسلك جسم كتلته 10 Kg وبوضع شاقولي كما مبين في الشكل المجاور احسب معامل الاحتكاك بين الجسم (m_1) والسطح الافقي حينما تتحرك المجموعة من السكون بتعجيل مقداره $6\ m/s^2$.**

الجواب / بما ان البكرة ملساء (عديمة الاحتكاك ومهملة الوزن)

فأن الشد T متساوي للجسمين اي $T_1 = T_2$

وكذلك التعجيل a من قانون نيوتن الثاني $F = ma$

بالنسبة للجسم الموضوع على المنضدة $F_1 = T - f_2 = m_1a$

بالنسبة للجسم المعلق $w_2 - T = m_2a$.



$\therefore T - f_s = m_1a$ .... (1

$W_2 - T = m_2a$ ....(2

بالجمع

$W_2 - f_s = a\ (m1 + m2)$

$M_2g - f_s = a\ (m1 + m2)$

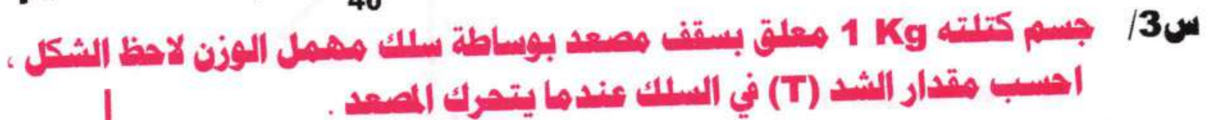
$100 - f_s = 6 \times (4 + 10)$

$-f_s = 84 - 100 \rightarrow -f_s = -16$

$f_s = 16$ Newton

$f_s = \mu_s N$

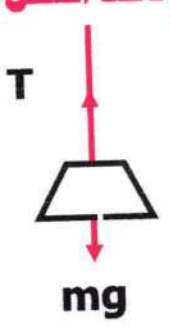
$16 = \mu_s \times 400 \rightarrow \mu s = \frac{16}{40} = 0.4$



س3/ **جسم كتلته 1 Kg معلق بسقف مصعد بوساطة سلك مهمل الوزن لاحظ الشكل ، احسب مقدار الشد (T) في السلك عندما يتحرك المصعد .**

a) نحو الاعلى بتعجيل $2\ m/s^2$.

b) نحو الاسفل بتعجيل $2\ m/s^2$.



ان الجسم المعلق بسقف مصعد يتحرك بتعجيل نحو الاسفل يكون الشد او الوزن الظاهري له = صفر

(a) يتحرك المصعد نحو الاعلى بتعجيل $2m/s^2$

$T - w = ma \rightarrow T - mg = ma$

$T - 10 = 1 \times 2 \rightarrow T = 12$ Newton

(b) يتحرك المصعد نحو الاسفل بتعجيل $2\ m/s^2$

$W - T = ma \rightarrow Mg - T = ma$

$1\times 10 - T = 1 \times 2 \rightarrow T = 10 - 2$

$T = 8$ Newton

س4/ قوة افقية مقدارها (20N) اثرت في جسم ساكن كتلته 2 Kg موضوع على سطح افقي املس احسب

(a) انطلاق الجسم في نهاية الثانية الاولى من حركته .

(b) الازاحة التي قطعها الجسم خلال 3S من بدء حركته .

الحل /

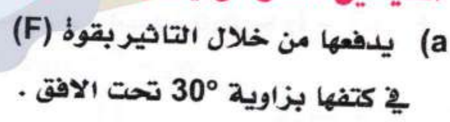
a) $F = ma \rightarrow 20 = 2a \rightarrow a = \frac{20}{2} = 10\ m/S^2$

$\nu_f = \nu i + at \rightarrow \nu_f = 0 + 10 \times 1$

$\nu_f = 10\ m/S^2$

b) $\chi = \nu_i t + \frac{1}{2} at^2 = 0 + \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2$

$\chi = 5 \times 9 = 45\ m$ الازاحة



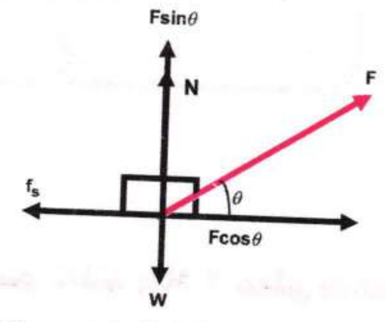
س5/ في الشكل ادناه شخص يدفع ابنته وهي جالسة على لوح للتزحلق على الجليد . اي القوتين الآتيتين افضل ان يدفع الشخص البنت لكي تسير على الجليد بسهولة.

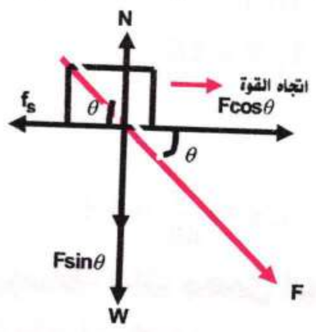
a) يدفعها من خلال التاثير بقوة (F) في كتفها بزاوية 30° تحت الافق .

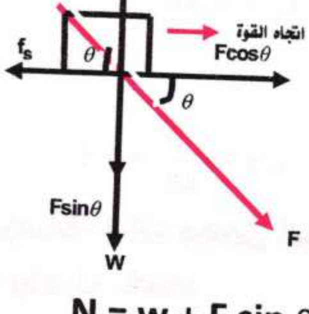
b) يسحبها بالقوة (F) نفسها بوساطة حبل يميل بزاوية 30° فوق الافق .

الجواب / b) حيث ان قوة الاحتكاك في حاله دفع لوح التزحلق اكبر من قوة الاحتكاك في الحاله السحب وذلك لزيادة مقدار القوة الضاغطة في حالة الدفع بمقدار Fsinθ. لذلك يفضل السحب

لاحظ الرسم :







$N = w - F \sin\theta$

(لحالة السحب)

$F_k = M_k N$

$F_k = M_k (W + F\sin\theta)$

$N = w + F \sin\theta$

(حالة الدفع)

$F_k = M_k N$

$F_k = M_k (W + F\sin\theta)$

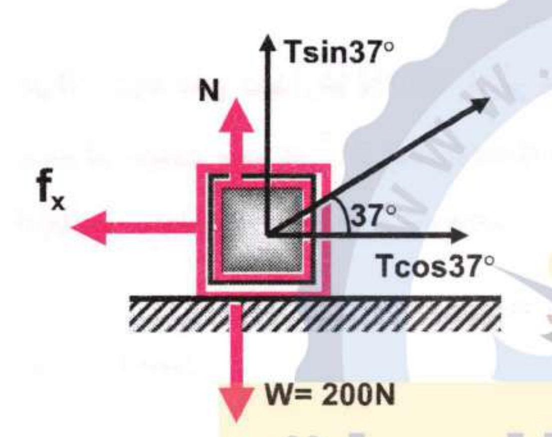
$\therefore f_k$ (الدفع) $> f_k$ (السحب)

أسئلة إضافية

س1/ تجر عربة كتلتها 20kg على أرض مستوية بحبل يضع زاوية 37° فوق المستوى الأفقي تعاكس قوة إحتكاك أفقية مقدارها 40N لهذه الحركة أحسب قوة شد الحبل ورد فعل الارض على الجسم اذا كانت المجموعة

(1) تتحرك بسرعة ثابتة

(2) تتحرك بتعجيل منتظم $0.5 m/s^1$



الجواب /

(1) المجموعة تتحرك بسرعة ثابتة

$$\Sigma F = 0$$
$$T \cos 37 = f_k$$
$$T \times 0.8 = 40$$
$$T = \frac{40}{0.8} = 50N$$
$$N = w - T\sin 37$$
$$= 200 - 50 \times \frac{3}{5}$$
$$N = 170\ N$$

(2) المجموعة تتحرك بتعجيل مقداره $0.5 \frac{m}{s_1}$

$$\Sigma F = ma$$
$$T \cos 37 - f_k = ma$$
$$T \times 0.8 - 40 = 20 \times 0.5$$
$$T \times 0.8 = 10 + 40 \rightarrow T \frac{50}{0.8} = \frac{500}{8} = 62.5\ N$$
$$N = w - T\sin 37$$
$$= 200 - 62.5 \times 0.6$$
$$= 200 - 37.5 = 162.5\ N$$

س2/ سيارة كتلتها 1000kg تسير على طريق أفقي خشن استعمل الكوابح فتوقفت بعد ان قطعت مسافة 40m خلال 4sec أحسب معامل الاحتكاك بين الطريق واطار السيارة.

الجواب / من معادلات الحركة الأفقية نحسب التعجيل الخطي للسيارة

$$\Delta x = \left(\frac{v_i + v_f}{2}\right).t$$
$$40 = \frac{v_i + 0}{2} \times 4$$
$$v_i = 20 \frac{m}{s}$$
$$v_f = v_i + at$$
$$0 = 20 + a(4)$$
$$a = -5 \frac{m}{s^2}$$

من محصلة القوى المؤثرة على الجسم $\Sigma F= ma$

لا توجد قوة سحب $(f=0)$

$F - f_k = ma$

$f_k = ma$

$f_k = 1000 \times (-5) = 5000\ N$

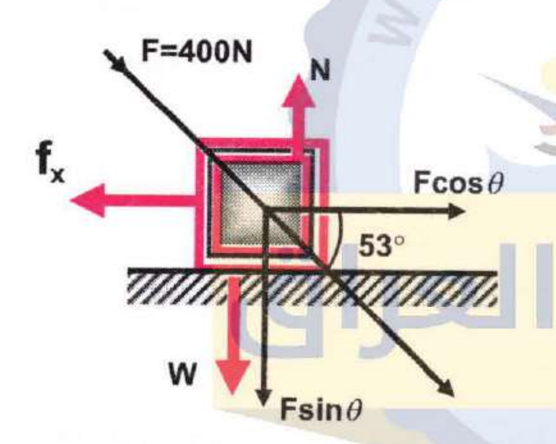
$f_k = 5000\ N$

$f_k = M_k . N \qquad N= mg = 1000 \times 10 = 10000\ N$

$M_k = \frac{f_k}{N} = \frac{5000}{10000} = 0.5$

س3/ قوة دفع مقدارها 400N تؤثر على جسم كتلته 20kg من السكون بزاوية 53° تحت الافق فتحرك الجسم بسرعة $2\frac{m}{s}$ بعد 4sec من بدء الحركة، أوجد معامل الاحتكاك بين الجسم والسطح.

الجواب / بما ان المجموعة تتحرك بتعجيل



$\Sigma F= ma$

$F\cos 53 - f_k = ma$

لحساب التعجيل

$V_f = V_i + at$

$2 = 0+4$

$a= 0.5\frac{m}{s^2}$

$400 \times\frac{3}{5} - f_k = 20 \times 0.5$

$240 - f_k = 10$

$f_k = 230\ N$

لحساب رد فعل السطح على الجسم N

$N= W - F\sin 53 = 200 + 400 \times \frac{4}{5} = 200 + 320 = 520\ N$

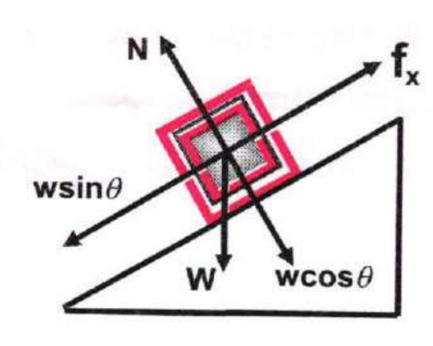
$M_k = \frac{f_k}{N} = \frac{230}{520} = 0.44$

س4/ جسم كتلته 2kg موضوع على سطح مائل بزاوية 37° وكان معامل الاحتكاك الانزلاقي 0.5 كيف سيكون حال الجسم ساكنا ام متحركا وما مقدار التعجيل الجسم اذا كان متحركا؟

الجواب / لمعرفة حال الجسم نحلل مقدار القوى المؤثرة عليه

فأذا كانت محصلة القوى تساوي صفراً فالجسم ساكن

واذا كانت لا تساوي صفراً فالجسم يتحرك بأتجاه القوى الاكبر.



أولاً/ نجد القوة المعرقلة للحركة قوة الاحتكاك

$f_k = M_k N = M_k w\cos 37$

$= 0.5 \times 20 \times \frac{4}{5}$

$f_k = 8\ N$

ثانياً/ نجد المركبة الشاقولية لوزن الجسم

$W\sin 37 = 20 \times \frac{3}{5} = 12\ N$

$\Sigma f = w\sin 37 - f_k = 12 - 8 = 4\ N$

∴ الجسم يتحرك نحو الاسفل.

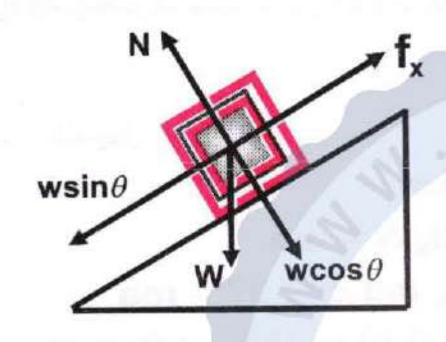
ولحساب التعجيل $\Sigma f = ma \rightarrow 4 = 2a$

$a = \frac{4}{2} = 2\frac{m}{s^2}$

س5/ وضع صندوق كتلته 20kg على سطح مائل طوله 5m يضع زاوية °53 مع المستوى الافقي فأذا كان معامل الاحتكاك السطح مع الجسم 0.5 أحسب

(1) تعجيل الجسم (2) الزمن اللازم حتى يصل الجسم أسفل السطح

الجواب / (1) لحساب التعجيل



$\Sigma f = ma$

$W \sin 53 - f_k = ma$ ......(1)

$f_k = M_k N$

$= M_k w \cos 53$

$= 0.5 \times 200 \times \frac{3}{5}$

$f_k = 60$ N .....(2)

$w \sin 53 = 200 \times \frac{4}{5}$

$= 160$ N .... (3)

نعوض (2) و (3) في (1) $160 - 60 = 20a$

$100 = 200 \rightarrow a = 5\frac{m}{s^2}$

(2) لحساب الزمن اللازم حتى يصل الجسم أسفل السطح نستخدم معادلات الحركة الخطية

$\Delta x = v_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2 \rightarrow 5 = 0 + \frac{1}{2}(5)\Delta t^2$

$\Delta t^2 = 2$

$\Delta t = \sqrt{2} = 1.414$ sec

س6/ جسم كتلته 10kg موضوع على سطح أملس ويتصل بطرف خيط يتصل ببكرة محملة الوزن وفي الطرف الاخر جسم كتلته 5kg موضوع على سطح مائل زاوية ميله °37 أحسب

(1) تعجيل المجموعة (2) قوة شد الخيط

الجواب / الجسم الاول

$\Sigma f = ma$

$T = ma$

$T = 10\, a$ ....(1)

الجسم الثاني

$\Sigma f = ma$

$W \sin 37^\circ - T = ma$

$50 \times \frac{3}{5} - T = 5a$

$30 - T = 5a$ .... (2)

نعوض (1) في (2) $30 - 10a = 5a$

$30 = 15a \rightarrow a = \frac{30}{15} = 2\frac{m}{s^2}$

ولحساب القوة الشد نعوض التعجيل في معادلة (1)

$T = 10 \times 2 = 20$ N

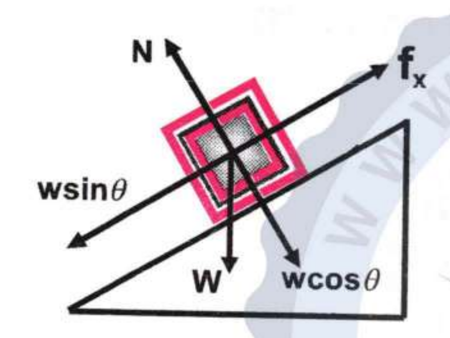
س7/ وضع جسم على سطح مائل بزاوية 37° فوق الافق فتحرك الجسم من السكون فأذا كان معامل الاحتكاك بين الجسم والسطح (0.5) ما مقدار كل من

(1) تعجيل الجسم

(2) الازاحة والسرعة بعد مرور (2 sec) من بدء الحركة.

الجواب /

(1) لحساب التعجيل



$$\Sigma f = ma$$

$$W\sin\theta - f_k = ma$$

$$mg \sin 37 - M_k N = ma$$

$$mg \sin 37 - M_k mg \cos 37 = ma$$

$$m(10)(0.6) - (0.5) m (10)(0.8) = ma$$

$$6m - 4m = ma$$

$$(6-4)m = ma \rightarrow a = 2\frac{m}{s^2}$$

$$\Delta x = V_i \Delta t + \frac{1}{2} a \Delta t^2$$

$$= 0 + \frac{1}{2} \times 2 (2)^2 = 4m$$

$$V_f = V_i + a\Delta t$$

$$= 0 + 2 \times 2 = 4\frac{m}{s}$$

واجبات

(1) وضع جسم كتلته 12 kg على سطح أفقي أملس وسحب بقوة مقدارها (6N) ما الازاحة التي يقطعها الجسم بعد (5 sec) من حركته؟ **الجواب /** (6.25m)

(2) يمر حبل على بكرة مهملة الوزن والاحتكاك ويعلق بين طرفيه جسم كتلته 4 kg والاخر جسم كتلته 12 kg أحسب:

(1) التعجيل ج/ $\left(5\frac{m}{s^2}\right)$

(2) قوة الشد الحبل ج/ (60 N)

(3) بدأ الجسم كتلته 20 kg الحركة بسرعة $25\ \frac{m}{s^2}$ على سطح أفقي خشن فتوقف بعد ان قطع مسافة 50 m ما مقدار القوة التي تؤثر بها السطح في الجسم اذا كانت ثابتة على طول المسار؟

ج/ (125 N)

(4) جسم كتلته 20 kg موضوع على سطح أفقي خشن معامل احتكاكه 0.2 ربط الجسم بخيط يتصل ببكرة محملة الوزن والاحتكاك ويتصل نهاية الخيط بجسم معلق كتلته 30 kg أحسب

(1) تعجيل المجموعة ج/ $\left(6\frac{m}{s^2}\right)$

(2) قوة الشد الحبل ج/ (160 N)

(3) المسافة التي يتحرك كل من الجسمين خلال (2 sec) من بدء الحركة ج/ (12 m)

الفصل الرابع

الاتزان والعزوم Torque and Equilibrium

الاتزان والعزوم

مفهوم الاتزان Concept of Equilibrium :

❖ نلاحظ حولنا ان بعض الاجسام ساكناً والبعض الاخر متحركاً وحركته هذه اما ان تكون بتعجيل او بانطلاق ثابت وبخط مستقيم ويعتمد حال الجسم على محصلة القوى المؤثرة عليه.

س/ كيف يكون حال الجسم اذا كان تحت تأثير محصلة قوى خارجية؟ وهل يكون الجسم متزنا؟ وضح ذلك؟

ج/ (1) اذا كانت محصلة القوى المؤثرة على الجسم $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ عندها سيتحرك الجسم بتعجيل ويكون غير متزناً وسيخضع الجسم لقانون نيوتن الثاني.

(2) اذا كانت محصلة القوى المؤثرة على الجسم $\Sigma\vec{F} = 0$ عندها سيكون الجسم في حالة اتزان ((سكوني)) او اتزان ((حركي)) ويسخضع لقانون نيوتن الاول.

الجسم الجاسئ/

هو منظومة من الجسيمات يبقى البعد بينها ثابتاً لا يتغير بتأثير القوى والعزوم الخارجية، مثل (كرة مصتمة).

يقسم الاتزان الى:

1) اتزان انتقالي 2) اتزان دوراني

س/ ما هو الاتزان الانتقاليظ ومتى يحدث؟

ج/ هو الاتزان الذي يكون الجسم اما في حالة اتزان انتقالي سكوني ((الجسم الساكن)) او في حالة اتزان انتقالي حركي ((الجسم يتحرك بانطلاق ثابت وبخط مستقيم)).

يحدث عندما تكون صافي ((محصلة القوى الخارجية)) المؤثرة على الجسم $\Sigma\vec{F} = 0$ وهذا يعني ان محصلة القوى على المحاور الأفقية والشاقولية (x , y) تساوي صفراً $\Sigma\vec{F}_x = 0$ $\Sigma\vec{F}_y = 0$

س/ ما هو الاتزان الدوراني؟ ومتى يحدث؟

ج/ هو الاتزان الذي يكون الجسم في حالة اتزان دوراني سكوني ((الجسم ساكن لا يدور)). العزوم باتجاه دوران عقارب الساعة = العزوم باتجاه معاكس لعقارب الساعة

يحدث عندما تكون محصلة العزوم للقوى المؤثرة على الجسم حول اي محور يساوي صفراً $\Sigma T=0$.

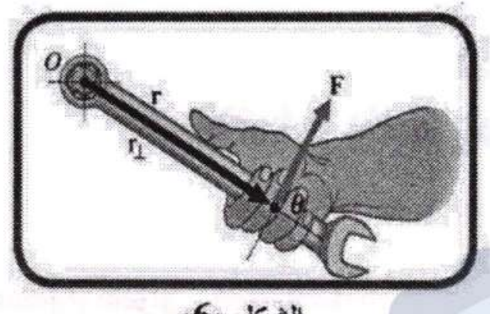
س/ ماذا يقصد بان الاتزان (استاتيكي) ؟

ج/ هو الاتزان الذي يتحقق فيه الشرطان الاتزان الانتقالي والاتزان الدوراني في آن واحد.

س/ هل بالضرورة اذا كان الجسم في حالة اتزان انتقالي ان يكون في حالة اتزان دوراني في نفس الوقت؟ وضح ذلك؟

ج/ كلا، اذا كانت محصلة القوى المؤثرة في الجسم تساوي صفراً $\Sigma\vec{F} = 0$ فأنه في حالة اتزان انتقالي ولكن اذا كانت هذه القوى لا تلتقي امتدادها في نقطة واحدة عندها سيكون الجسم غير متزن دوارنياً وبذلك فأن الجسم سيدور.

العزم Torque



الشكل (6)

- عندما تفتح كتاباً او باباً او شباكاً او تثبت أنابيب المياه نستعمل قوة لها تأثير مدور ((تأثير دوراني)).
- حاول تدوير برغي بوساطة اليد ستجد صعوبة لذا نستعمل مفتاح الربط شكل (6) الذي يولد تأثيراً دورانياً كبيراً أي انه يولد عزماً أكبر من العزم باليد.
- العزم ناتج عن قوة تحاول تدوير الجسم حول محوره ((محور الدوران)).



- العزوم التي تدور الجسم بأتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة تأخذ الاشارة الموجبة والعزوم التي تدور الجسم بأتجاه دوران عقارب الساعة تأخذ الاشارة السالبة.

∴ **العزم /** هي قابلية القوة على تدوير الجسم على محور معين وهو كمية اتجاهية ناتج عن حاصل الضرب الاتجاهي لمتجه الموقع $\vec{r}$ ومتجه القوة $\vec{F}$ ووحداته M . N .

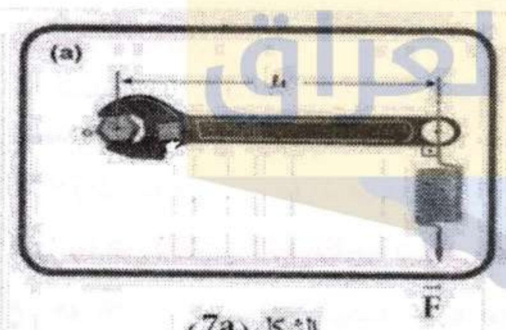
$$\vec{\mathcal{T}} = \vec{r} \times \vec{F}$$

متجه العزوم $\vec{T}$ يكون عمودياً على المستوى الذي يحتويه ($\vec{F}, \vec{r}$) وحسب قاعدة الكف اليمنى .



نشاط:

س1/ وضح بنشاط تاثير القوة على مقدار عزم القوة

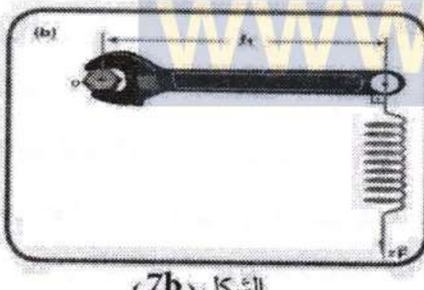


الشكل (7a)

ادوات النشاط/ مفتاح ربط، برغي، قبان حلزوني، خيط.

خطوات النشاط

- ادخل رأس البرغي في فوهة مفتاح الربط.
- بوساطة القبان الحلزوني سلط قوة صغيرة (F) عمودية على ذراع المفتاح بحيث تؤثر في طرف المفتاح وعلى بعد (ℓ_1) من البرغي لاحظ الشكل.
- حاول تدوير البرغي بوساطة مفتاح الربط تجد صعوبة في التدوير.
- إعمل على مضاعفة القوة الاولى اي تصبح 12F وعلى البعد نفسه عن محور الدوران ستجد عندئذ سهولة في تدوير البرغي.



الشكل (7b)

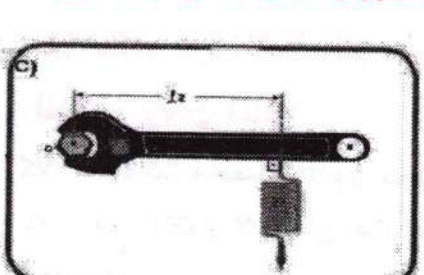
الاستنتاج/ ان عزم القوة يتناسب طردياً مع مقدار القوة أي ان $\vec{T} \propto \vec{F}$.



س2/ وضح بنشاط تأثير البعد العمودي من نقطة تأثير القوة الى محور الدوران على مقدار عزم القوة.

ادوات النشاط/ مفتاح رابط، برغي، قبان حلزوني، خيط

خطوات النشاط



- ادخل رأس البرغي في فوهة مفتاح الربط.
- بوساطة القبان الحلزوني سلط قوة صغيرة (F) عمودية على ذراع المفتاح في طرف المفتاح وعلى بعد (ℓ_1) من البرغي لاحظ الشكل

– حاول تدوير البرغي بوساطة مفتاح الربط تجد صعوبة في التدوير.
– نستعمل مقدار القوة F نفسها في نقطة تأثيرها على بعد ℓ_2 بحيث تكون أقرب الى البرغي نجد صعوبة أكثر في تدوير البرغي.

الاستنتاج/ ان مقدار العزم يتناسب طردياً مع البعد العمودي عن محور الدوران $T \alpha \ell$ بثبوت F

س3/ وضح بنشاط تأثير الزاوية (θ) بين خط فعل القوة والخط الواصل بين نقطة الدوران ونقطة تأثير القوة على مقدار عزم القوة.

ادوات النشاط/ مفتاح رابط، برغي، قبان حلزوني، خيط

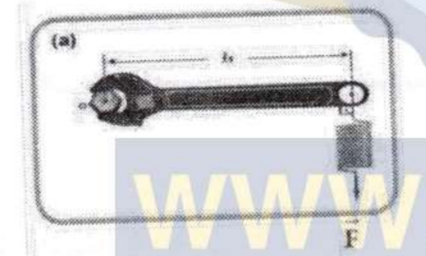
خطوات النشاط

– ادخل رأس البرغي في فوهة مفتاح الربط.
– بوساطة القبان الحلزوني سلط القوة (F) عمودية على ذراع المفتاح في طرف المفتاح وعلى بعد (ℓ_1) من البرغي
– حاول تدوير البرغي بوساطة مفتاح الربط تجد صعوبة في التدوير.
– اجعل القوة غير عمودية على ذراع المفتاح (أي تعمل زاوية θ مع ذراع المفتاح)، وحاول تدوير البرغي تجد صعوبة أكبر في تدوير البرغي.
– اجعل خط فعل القوة بموازاة ذراع المفتاح أي مقدار القوة $\vec{F}$ عبر في مركز الدوران ستجد عندها ينعدم التأثير الدوراني للقوة.

الاستنتاج/ اعظم عزم مدور عندما تكون القوة عمودية على ذراع المفتاح ويقل العزم عندما تقل الزاوية θ بين خط فعل القوة وذراع المفتاح وتنعدم عندما القوة او امتداداتها يمر في مركز الدوران.

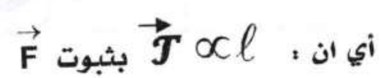
س/ماهي العوامل التي يعتمد عليها مقدار عزم القوة .

الجواب /

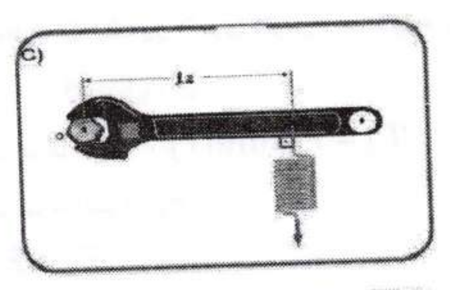


(1) عزم القوة يتناسب طردياً مع مقدار القوة اي $\vec{\mathcal{T}} \propto \vec{F}$ بثبوت البعد ℓ عن محور الدوران.

(2) مقدار عزم القوة يتناسب طردياً مع البعد العمودي عن محور الدوران .

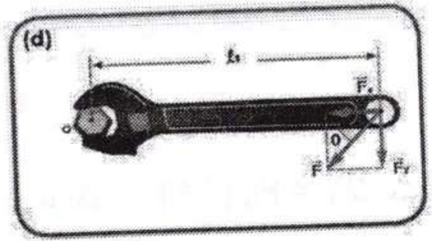


أي ان : $\vec{\mathcal{T}} \propto \ell$ بثبوت $\vec{F}$



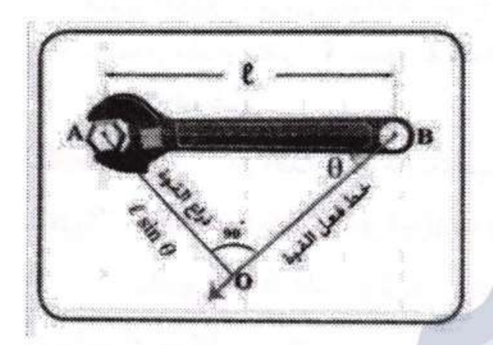
ذراع القوة ℓ وهو البعد العمودي عن محور الدوران

(3) الزاوية θ بين خط فعل القوة والخط الواصل بين نقطة الدوران نقطة تاثير القوة أي :



$$\mathcal{T} = F\ell\sin\theta$$

كيفية حساب ذراع القوه (ذراع العزم) :



نرسم خط مستقيم يربط خط فعل القوه مع البعد العمودي عليه من نقطة الدوران (المحور) فنحصل على مثلث قائم الزاوية AOB لاحظ الشكل فيكون ذراع القوه هو الضلع القائم AO يساوي $\ell \sin\theta$ وعندئذ

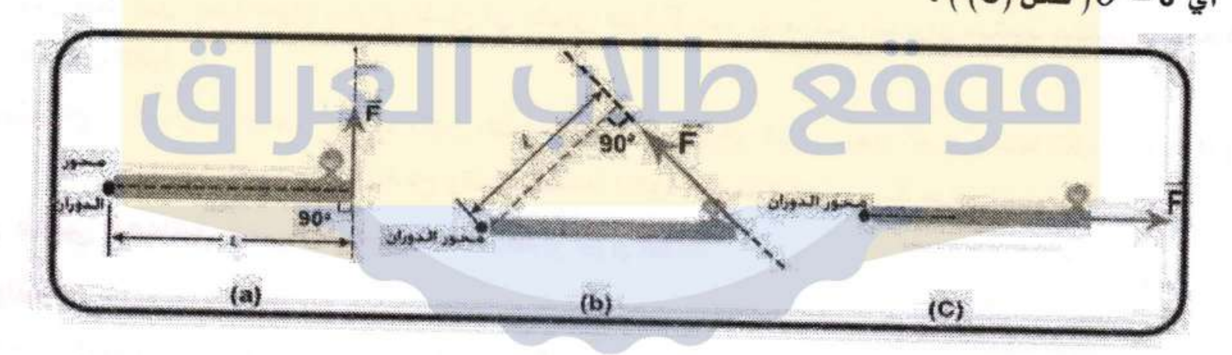
عزم القوة $\mathcal{T} = F\ell\sin\theta$

تذكر :

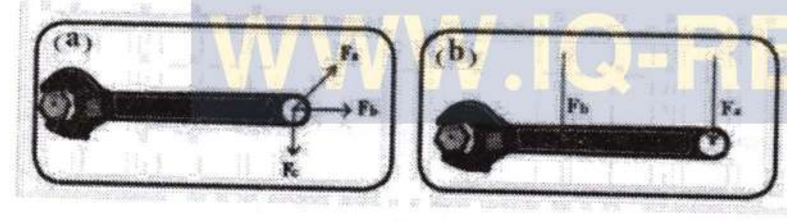
(1) ان العزم يكون بمقداره الاعظم $\mathcal{T}_{max}$ عندما يكون خط فعل القوة عمودياً على الخط الواصل بين نقطة تاثير القوة ومحور الدوران (شكل a) $\mathcal{T}_{max} = F\ell$.

(2) عندما يكون خط فعل القوه مائلاً فان العزم يقل وكلما صغرت الزاوية قل العزم (شكل b) .

(3) يكون العزم $\mathcal{T} = 0$ عندما يمر خط فعل القوه في نقطة او محور الدوران اي $\ell = 0$ ومنه $\mathcal{T} = F\ell = 0$ اي $\theta = 0$ (شكل (C)) .



فكر :



اي القوة المبينة في الشكل (a , b) تسبب عزم اقل لمفتاح الربط في تدوير البرغي علماً ان مقادير القوى المؤثرة متساوية .

الجواب / **الشكل (a)**

F_a تولد عزما اقل $\mathcal{T}_a = F_a\sin\theta(\ell)$

مما يولد عزم القوة F_c

$\mathcal{T}_c = F_c \cdot \ell$

بينما ينعدم العزم ناتج عن القوة F_a لان خط تاثير القوة ماراً بمحور الدوران.

الشكل (b)

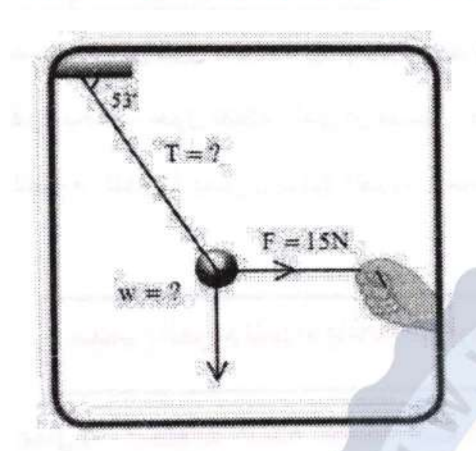
F_b تولد عزما اقل $\mathcal{T}_b = F_b\left(\frac{1}{2}\ell\right)$ مما تولده القوة F_a

$\mathcal{T}_a = F_a \cdot \ell$

مثال1/ في الشكل كره معلقة بطرف خيط سحبت جانبا بقوة افقية مقدارها (15N) احسب مقدار



(1) قوة الشد (T) في الخيط . (2) وزن الكره (w) .



علما ان $\sin 53 = \frac{4}{5} = 0.8$ $\quad \cos 53 = \frac{3}{5} = 0.6$

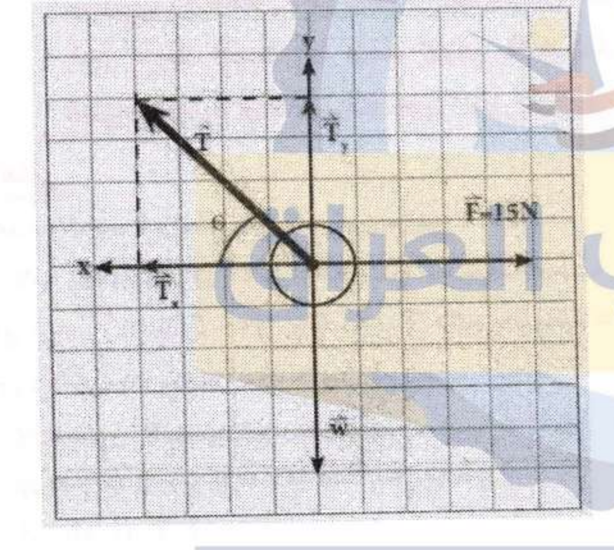
الحل /

نرسم مخطط الجسم الحر ونؤشر القوى المؤثرة عليه وهي

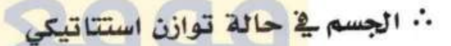
(1) وزن الجسم (W)

(2) القوة الافقية $\vec{F}$

(3) قوة الشد (T) المائلة بزاوية 53°



نحلل قوة الشد T الى مركبتين افقية وشاقولية



المركبة الافقية T cos 53

المركبة الشاقولية T sin 53

∴ الجسم في حالة توازن استاتيكي

∴ $\Sigma F = 0$ ويكون

$\Sigma F_x = 0 \quad , \quad \Sigma F_y = 0$

محصلة القوى الافقية ΣF_x هي

$\Sigma F_x = F - T\cos 53 \Longrightarrow \Sigma F_x = 15 - T \times 0.6$

$0 = 15 - T \times 0.6$ لاحظ الشد باتجاه محور X السالب

قوة الشد $T = \frac{15}{0.6} = 25\ N$

لاحظ الوزن الى الاسفل (سالب)

$\Sigma F_y = 0$

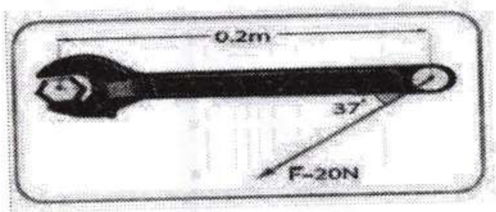
$\Sigma F_y = T\sin 53 - w$

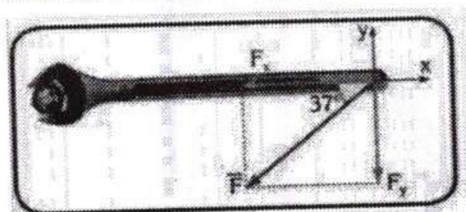
$0 = T\sin 53 - w$

$W = 25 \times 0.8$

الوزن $w = 20\ N$

مثال2/ اذا كان مقدار القوة المسلطة على مفتاح ربط طوله 0.20m تساوي (20N) احسب مقدار العزم الناتج عن هذه القوه .





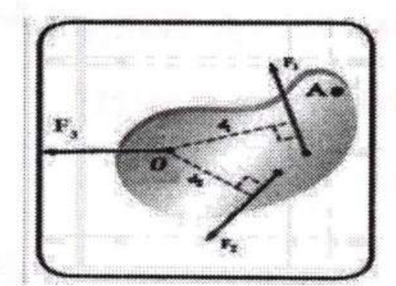
الحل /

∴ القوه المؤثرة مائلة بزاوية نحللها الى مركبتين افقية وشاقولية .
القوة الافقية $F_x = 0$ لأن اتجاهها عمودي على الخط الواصل بين نقطة تاثير القوه ومحور الدوران اما القوة الشاقولية F_y فانها تولد عزم تدور المفتاح باتجاه عقارب الساعة .

$\mathcal{T} = F_y \cdot \ell \rightarrow \; = F\sin\theta\ell$

$\mathcal{T} = 20 \times 0.6 \times 0.2 = 2.4\ N.m$

صافي العزوم واتجاه الدوران :



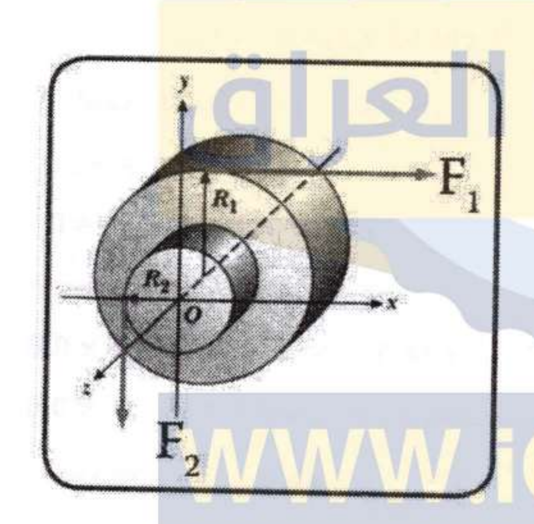
عندما تؤثر قوى متعددة في جسم واحد وتحاول تدويره فأن عزم كل قوة يحسب حول نقطة الدوران نفسها . فيكون المجموع الاتجاهي للعزوم المنفردة يساوي صافي العزوم (محصلة العزوم) $net\ \mathcal{T}$

$$\vec{\mathcal{T}}net = \vec{\mathcal{T}}_1 + \vec{\mathcal{T}}_2 + \vec{\mathcal{T}}_3 + ...$$

مجموع العزوم المدورة باتجاه عقارب الساعة = مجموع العزوم المدورة باتجاه معاكس لعقارب الساعة .

مثال3/ اسطوانة صلده جاسئة يمكنها الدوران حول محور افقي (مهمل الاحتكاك) لف حبل حول محيطها الخارجي ذو نصف القطر (R_1) لاحظ الشكل فاذا سلطت القوة الافقية F_1 التي تتجه نحو اليمين ولف حبل آخر حول المحيط الأصغر ذو نصف القطر R_2 وسلطت القوة F_2 نحو الاسفل في طرف الحبل الثاني احسب صافي العزوم المؤثرة في الاسطوانة حول المحور Z اذا كانت $F_2 = 6N$, $R_1 = 1m$, $F_1 = 5N$, $R_2 = 0.5m$

الحل /



عزم القوة F_1 والذي هو $\mathcal{T}_1$ يكون سالب

(لانه يحاول تدوير الاسطوانة باتجاه عقرب الساعة $-$

اي ان $\mathcal{T}_1 = -R_1 F_1 \Longrightarrow \mathcal{T}_1 = -5 \times 1 = -5\ N.m$

عزم القوة F_2 والذي هو $\mathcal{T}_2$ يكون موجب

(لانه يدور الاسطوانة باتجاه عكس عقرب الساعة $+$

$$\mathcal{T}_2 = R_2 F_2 \Longrightarrow \mathcal{T}_2 = 0.5 \times 6 = 3\ N.m$$

صافي العزوم $\Sigma \mathcal{T}$

$$\Sigma \mathcal{T} = \mathcal{T}_1 + \mathcal{T}_2$$

$$\Longrightarrow \Sigma \mathcal{T} = R_2 F_2 + R_1 F_1$$

$$\Longrightarrow 3 - 5 = -2\ N.m$$

$\therefore$ الاسطوانة تدور باتجاه عقرب الساعة

مثال4/ سلم منتظم طوله ℓ وكتلته (m) يستند على جدار شاقولي املس لاحظ الشكل وكان معامل الاحتكاك السكوني بين السلم والارض $\mu_s = 0.4$ جد اصغر زاوية θ بحيث لايحصل انزلاق للسلم

الحل /

السلم في حالة اتزان سكوني ويكون تحت تاثير اربعة قوى

$\vec{P}$ = رد فعل الجدار على السلم

$\vec{N}$ = رد فعل الارض على السلم

f_s = قوة الاحتكاك بين الارض والطرف السفلي للسلم

Mg = وزن السلم

الشرط الاول للتوازن $\sum \vec{F} = 0$

$\sum F_x = 0 \rightarrow f_s - p = 0$

قوة الاحتكاك $f_s = \mu_s N$ ومنه $f_s = p$

$p = \mu_s N$ --------------- (1)

$\sum F_y = 0 \rightarrow N - mg = 0$

$mg = N$ --------------- (2)

نعوض المعادلة (2) في (1)

$p = \mu_s \times mg$ --------------- (3)

(2) الشرط الثاني للتوازن (الاتزان الدوراني)

$\sum \mathcal{T} = 0$

نختار النقطة (0) مركز للعزوم

العزم باتجاه عقرب الساعة = العزم باتجاه عكس عقرب الساعة $P\ell \sin\theta = mg(\frac{1}{2}\ell\cos\theta)$

$$\frac{\ell \sin\theta}{\ell \cos\theta} = \frac{mg}{2p}$$

$$\tan\theta = \frac{mg}{2p} = \frac{1}{2}\,\frac{1}{\mu_s}$$

$$\tan\theta = \frac{1}{2\times 0.4} = \frac{1}{0.8}$$ من معادلة (3)

$\tan\theta = 1.25$

$\theta = 51^\circ$ قياس زاوية ميل السلم عن الارض وهي اصغر قياس للزاوية لاينزلق فيها السلم .

المزدوج /

هو قوتين متساويتين بالمقدار ومتعاكستان بالاتجاه ومتوازيتان وليس لهما خط فعل مشترك يكتسب الجسم بتاثيرهما حركة دورانية مثل مفتاح حنفية الماء – مقود السيارة – مفتاح تغيير الاطارات

ملاحظات

(1) تختلف قوتي المزدوج عن قوتي الفعل ورد الفعل حيث ان الفعل ورد الفعل قوتان تؤثران في جسمين مختلفين وعلى خط فعل مشترك بينما المزدوج يؤثر على جسم واحد وليس له خط فعل مشترك.

(2) مفهوم عزم المزدوج يختلف عن مفهوم عزم القوة . فعزم القوة يتعلق بالنقطة التي يؤخذ حولها هذا العزم اما عزم الازدواج فيتحدد بقوتيه وذراعه ومستوى تاثيره ولا يتعلق مقداره باي نقطة في المستوي.

(3) قوتا العزم المزدوج لهما المقدار نفسه وخط عملهما خطان مختلفان ومتوازيان وان صافي عزم الدوران لها حول اي محور يساوي $(2F\ell)$.

(4) ذراع العزم المزدوج هو الخط الواصل بين خطي تأثير قوتا العزم المزدوج.

(5) مجموع القوى التي تكون مزدوج لا توجد في حالة اتزان دوراني لان محصلة العزوم لا تساوي صفر بينما يوجد توازن انتقالي لان محصلة القوى تساوي صفر .

(6) المزدوج متجه اتجاهه يمر بمحور الدوران ويوازيه ويكون باتجاه ابهام اليد اليمنى عندما يكون اتجاه الدوران باتجاه لفة الاصابع .

(7) لا يمكن معادلة المزدوج بقوة واحدة لانها ستولد حركة انتقالية وانما يعادل ويبطل مفعوله بمزدوج اخر يساويه في مقدار العزم ويعاكسه في الاتجاه .

(8) يقاس عزم الازدواج بوحدة العزم N.m

(9) تاثير قوتي الازدواج على الجسم يكسبه حركة دورانية لان محصلة العزم لها لا تساوي صفراً $\Sigma T = I\alpha$ وتتوقف هذه الحركة على :

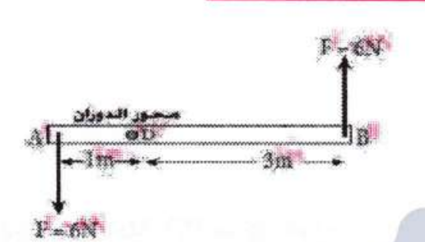
(أ) مقدار قوتي الازدواج F وطول الذراع d

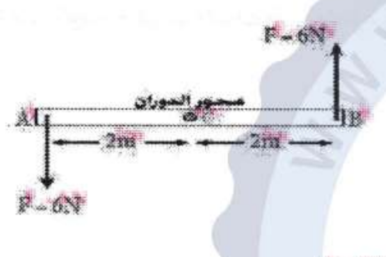
(ب) وضع مستوى تاثير الازدواج $\mathcal{T}$

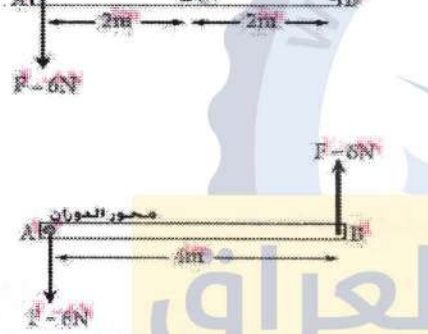
(ج) اتجاه الدوران في هذا المستوى .

عزم المزدوج = احد القوتين في البعد العمودي بينهما . $\vec{\tau}_{total} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2$

انظر الى الرسوم الثلاثة ....
من ملاحظتك تستطيع ان تختار النقطة التي تمثل محور الدوران اذ لا يؤثر موقعها في مقدار عزم المزدوج .





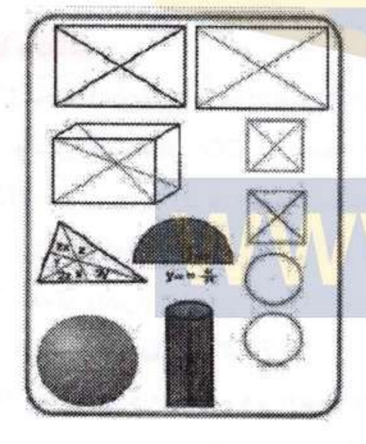


$$\vec{\tau}_{total} = \vec{\tau}_1 + \vec{\tau}_2$$

عزم المزدوج = احد القوتين في البعد العمودي بينهما

$$\tau_{total} = F\,(Ac + cB)$$
$$= F\,(AD + DB)$$
$$= F \times AB$$
$$\tau_{total} = 6 \times (2 + 2)$$
$$= 6 \times (1 + 3)$$
$$= 6 \times 4$$
$$\tau_{total} = 24\ Nm$$

مركز الكتلة :-



هي النقطة التي يفترض ان يكون مجموع كتل الجسيمات المؤلفة له (m) متمركزة فيها ويرمز لها بـ (cm) فعندما تؤثر قوة F في مركز كتلة المنظومة (cm) فأن المنظومة تتحرك بتعجيل $F = ma$ وكأن صافي القوة تؤثر في مركز كتلة جسم واحد وهي كتلة المنظومة .

ان الاجسام الهندسية (المتناظرة والمتجانسة) فأن مركز كتلتها تقع على محور التناظر وهو المركز الهندسي للجسم من كرة ، مكعب ، اسطوانة .

اما اذا كان الجسم غير متجانس وغير متناظر فأن مركز الكتلة يقع عند نقطة اقرب الى الجزء الاكبر كتلة .

مركز الثقل :-

من الطبيعي ان الجاذبية الارضية تؤثر على جميع اجزاء اي جسم ولكن في حسابات عزم الدوران يبدو ان قوة الجاذبية (وزن الجسم) تؤثر في نقطة واحدة فيه تسمى هذه النقطة مركز الثقل (C_G)

تعريف مركز الثقل :-

هو النقطة التي لو علق منها الجسم في اي وضع كان فان الجسم لايحاول الدوران لأن صافي العزوم في الجسم حول تلك النقطة يساوي = صفر وهذه النقطة هي مركز ثقل الجسم وان مركز ثقل الاجسام المتجانسة والمتناظرة يقع في مركزها الهندسي .

علل/ لا يدور الجسم لو علق من مركز ثقله

ج/ لان قوة الجاذبية الارضية المؤثرة فيه وهي وزن الجسم وكذلك قوة الشد الحبل يمران بمركز ثقل الجسم فيكون صافي العزوم في الجسم حول تلك النقطة يساوي صفراً.

اسئلة الفصل الرابع

س1/ اختر العبارة الصحيحة في كل مما يلي :

(1) يقاس العزم بوحدات .

a) N.m b) N/m C) kg.m d) Kg/m

الجواب / هو a) N.m

$\mathcal{T} = \vec{F} \times \vec{\ell} = N.m$

(2) لكي يكون الجسم متزنا ويتحقق شرطا الاتزان فأن .

a) $\Sigma \mathcal{T} > 0$ ، $\sum \vec{F} < 0$ b) $\Sigma \mathcal{T} = 0$ ، $\sum \vec{F} > 1$

c) $\Sigma \mathcal{T} = 0$ ، $\sum \vec{F} = 0$ d) $\Sigma \mathcal{T} = 0$ ، $\sum \vec{F} > 0$

الجواب / هو c) $\Sigma \mathcal{T} = 0$ ، $\sum \vec{F} = 0$

(3) يدفع شخص بابا بقوة مقدارها (10N) تؤثر عموديا عند نقطة تبعد (80cm) من مفاصل الباب فأن عزم هذه القوة (بوحدات N.m) يساوي .

a) 0.08 b) 8

c) 80 d) 800

التوضيح

$\mathcal{T} = F \ell \sin 90$

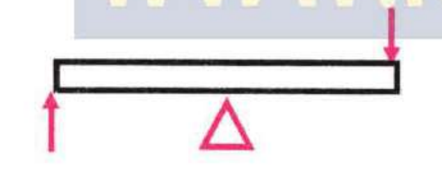
$\mathcal{T} = 10 \times 0.8 = 8 \text{ N.m}$

الجواب / هو 8 N.m

(4) يستقر ساق متجانس من منتصفه فوق دعامة فاذا اثرت قوتان متساويتان مقدارا ومتعاكستان اتجاها ومقدار كل منهما $\vec{F}$ في طرفيه فأن محصلة القوى تساوي .

a) $2\vec{F}$ نحو الاعلى b) $2\vec{F}$ نحو الاسفل

c) $\frac{\vec{F}}{2}$ نحو الاسفل d) صفراً



الجواب / هو d) صفراً

التوضيح /

مجموع القوى نحو الاعلى = مجموع القوى نحو الاسفل .

$\Sigma F = F - F = 0$ (محصلة القوى = صفر اي يوجد توازن انتقالي)

(5) في السؤال السابق ، نتيجة تاثير هاتين القوتين في الساق فانه سوف :

a) يدور b) يبقى ساكناً

c) يتحرك انتقالياً d) يتحرك حركة اهتزازية

الجواب / هو a) يدور

التوضيح/ لانه مزدوج اي لا يوجد توازن دوراني لان محصلة العزوم لا تساوي صفر

(6) عتلة متجانسة كتلتها m لاحظ الشكل معلق من الاعلى عند النقطة O وتتحرك هذه العتلة بحرية كالنبدول اذا اثرت فيها قوة F عموديا على العتلة ومن طرفها السائب فان اعظم قوة مقدارها F تجعل العتلة متزنة وبزاوية مع الشاقول تساوي:

a) 2 mg
b) $2mg\sin\theta$
c) $2mg\cos\theta$
d) $\frac{mg}{2}\sin\theta$

الجواب / هو d) $\frac{mg}{2}\sin\theta$

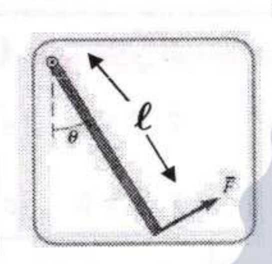


$\sum \vec{F} = 0$ ، $\Sigma \mathcal{T} = 0$ النقطة 0 محور العزوم

محصلة العزوم باتجاه عقرب الساعة = محصلة العزوم عكس اتجاه عقرب الساعة

$F \ell = mg \times \frac{1}{2} \ell \sin\theta$

$F = \frac{1}{2} mg\sin\theta$

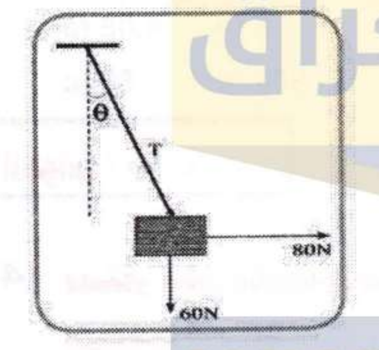


(7) صندوق يزن (60N) معلق بوساطة حبل في مسند راسي لاحظ الشكل فاذا اثرت فيه قوة افقية مقدارها (80N) فسوف يصنع الحبل مع الشاقول زاوية قياسها .



a) 37°　b) 45°
c) 60°　d) 53°

الجواب / هو d) 53°



التوضيح /

تؤثر على الجسم ثلاث قوى هي الشد T ، Fx = 80 N وزن الجسم w = 60 N

الاتزان الانتقالي $\Sigma F = 0$ اي $Fx = 0$, $Fy = 0$

نحلل الشد T لانه يميل بزاوية .

المركبة الافقية $F - T\sin\theta = 0$ ، المركبة العمودية $T\cos\theta - W = 0$

$80 - T\sin\theta = 0$ --------------- (1)
$T\cos\theta - 60 = 0$ --------------- (2)

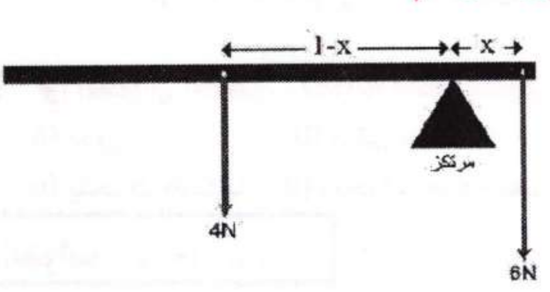
بالقسمة

$$\frac{80}{60} = \frac{\sin\theta}{\cos\theta} \rightarrow \frac{4}{3} = \tan\theta \rightarrow \theta = 53°$$

(8) لوح متجانس وزنه (4N) وطوله 2m معلق في احد طرفيه جسم وزنه 6N لاحظ الشكل – يتزن افقيا عند نقطة يرتكز عليها تبعد عن الطرف المعلق به الجسم مسافة .

a) 0.2m　b) 0.4 m　c) 0.6 m　d) 0.8 m

الجواب / هو b) 0.4 m



التوضيح / $F_1X = F_2(1-X) \rightarrow 6X = 4(1-X)$

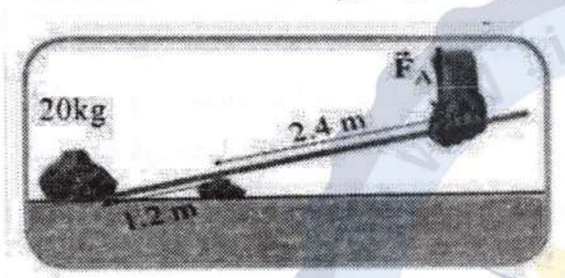
$6X = 4 - 4X \rightarrow 6X + 4X = 4$

$10X = 4 \rightarrow X = \frac{4}{10} = 0.4m$

المسائل

س1/ مامقدار القوة $\vec{F_A}$ التي يجب ان يؤثر فيها العامل في العتلة كي يستطيع رفع ثقل كتلته 20Kg المبين في الشكل المجاور .

الجواب / محصلة العزوم باتجاه عقرب الساعة = محصلة العزوم باتجاه عكس عقرب الساعة .



$$F_1\ell = F_A\ell$$

$$20 \times 10 \times 1.2 = F_A \times 2.4$$

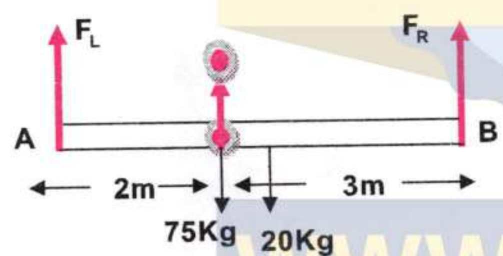
$$240 = 2.4\, F_A$$

$$F_A = \frac{240}{2.4} = 100\ N$$

س2/ صباغ دور يقف فوق لوح منتظم يتزن افقيا كما مبين في الشكل المجاور وهو معلق من طرفيه بحبلين قوة الشد فيها $\vec{F_L}$ ، $\vec{F_R}$ ومقدار كتله الصباغ 75 Kg وكتلة اللوح 20 Kg فاذا كانت المسافة من الطرف الايسر للوح الى موضع وقوف الصباغ هي d = 2 m وان الطول الكلي للوح 5 m اوجد .

a) مقدار القوة F_L المؤثرة بوساطة الحبل الايسر في اللوح .

b) مقدار القوة F_R المؤثرة بوساطة الحبل الايمن في اللوح .



الحل/ (اتزان انتقالي) القوى نحو الاعلى = القوى نحو الاسفل

$$F_R + F_L = 750 + 200$$

$$F_R + F_L = 950\ N \ .... (1)$$

(اتزان دوراني) محصلة العزوم باتجها عقرب الساعة = محصلة العزوم عكس عقرب الساعة

ليكن محور العزوم A مع ملاحظة ان ذراع اللوح هو من منتصفها أي مركز ثقلها

$$F_L \times 0 + F_R \times 5 = 200 \times 2.5 + 750 \times 2$$

$$5\,F_R = 500 + 1500$$

$$5\,F_R = 2000$$

$$F_R = \frac{2000}{5} = 400 \quad .... (2)$$

نعوض (2) في (1)

$$400 + F_L = 950$$

$$F_L = 950 - 400 = 550\ N$$

س3/ يقف صباغ على ارتفاع 3m من الارض فوق سلم طوله (5m) يستند طرفه الاعلى على جدار شاقولي عند نقطة تبعد (4.7m) من سطح الارض لاحظ الشكل المجاور فاذا كان وزن الصباغ (680 N) ووزن السلم (120 N) وعلى فرض عدم وجود احتكاك بين السلم والجدار اوجد قوة الاحتكاك (f_s) بين الارض والطرف الاخر للسلم .

ملاحظات/

AB ذراع وزن السلم ونقطة A هو محور العزوم

AC ذراع وزن الصباغ ، R_X هو رد الفعل للجدار

AD ذراع قوة الاحتكاك

ذراع وزن الصباغ $\tan\theta = \frac{3}{AC}$ ➔ $AC = \frac{3}{\tan\theta}$

ذراع وزن السلم $\cos\theta = \frac{AB}{5}$ ➔ $AB = \cos\theta \times 5$

حيث $\theta = 70°$

الحل/

لايجاد θ

$\sin\theta = \frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{4.7}{5}$

$\therefore \theta = 70°$, $\cos70 = 0.341$, $\tan\theta = 2.75$

F_s (قوة الاحتكاك) = R_X (رد فعل الجدار)

$\sum F_X = 0$ (الشرط الاول للتوازن)

$F_s - R_X = 0$

$\sum \tau = 0$ (الشرط الثاني للتوازن)

$R_x \ell \sin70° = 680 \times \frac{3}{\tan\theta} + 120 \times \frac{1}{2} \times 5\cos\theta$

$R_x \times 5 \times 0.94 = 680 \times \frac{3}{2.75} + 120 \times \frac{1}{2} \times 5 \times 0.341$

$R_x \times 4.7 = 741.8 + 102.3$

$R_x \times 4.7 = 843.1$

$f_s = p = \frac{843.1}{4.7} = 179.38\ N$ قوة الاحتكاك

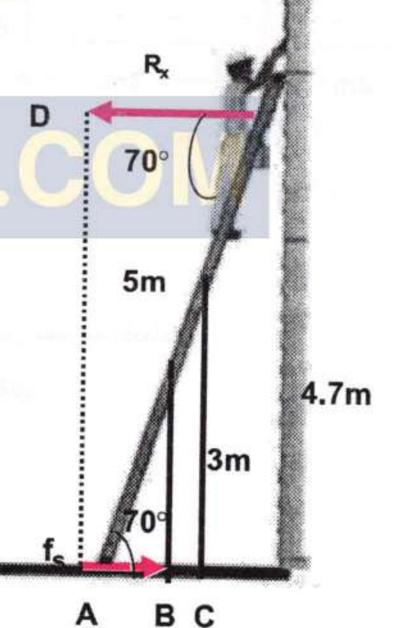
بالامكان اضافة مطلب اخر للسؤال وهو:

جد معامل الاحتكاك بين السلم والارض

$\mu_s = \frac{f_s}{N}$

$\mu_s = \frac{179.38}{680 + 120}$

$\mu_s = \frac{179.38}{800} = 0.224$



ملاحظة/

رد فعل الجدار R يتحلل الى مركبتين افقية R_x والتي تساوي قوة الاحتكاك بين السلم والارض

ومركبة عمودية R_y = صفر لان الجدار املس

س4/ يجلس ولدان على لوح متجانس مثبت من منتصفه بدعامة كما مبين في الشكل المجاور فاذا كان وزن اللوح 40 N ويؤثر في منتصفه وكان وزن الولد 350 N والولد الثاني 800 N اوجد .

a) القوة العمودية $F_\perp$ التي تؤثر بها الدعامة على اللوح .

b) البعد L كما مبين في الشكل كي يتزن اللوح افقيا .

الحل/

القوى نحو الاعلى = القوى نحو الاسفل

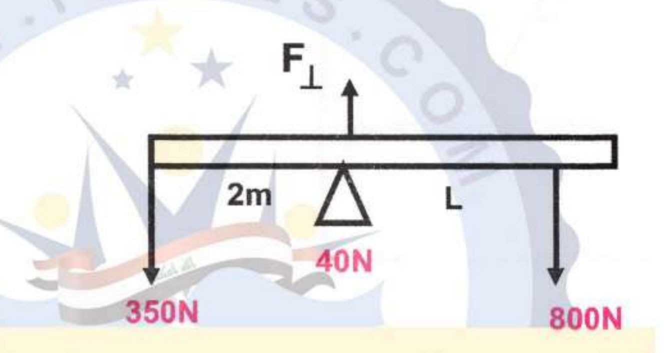
$F_\perp = 800 + 350 + 40$

$F_\perp = 1190\ N$

$W_1 \times L_1 = w_2 \times L_2$

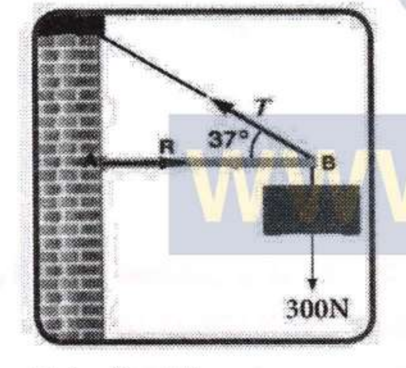
$350 \times 2 = 800 \times L$

$L = \frac{700}{800} = 0.875\ m$



س5/ لوح افقي مهمل الوزن طوله 6m يبرز من جدار بناية وطرفه السائب مربوط بحبل في جدار ويصنع زاوية °37 مع اللوح كما مبين في الشكل علق في طرفه السائب ثقل مقداره (300N) مامقدار .a) الشد T في حبل الربط

b) رد فعل الجدار R على امتداد اللوح



الحل / العتلة متزنة

محصلة القوى = صفر

القوة الى اليمين = القوة اليسار

$T \sin \theta = W$

$T \sin 37° = 300$

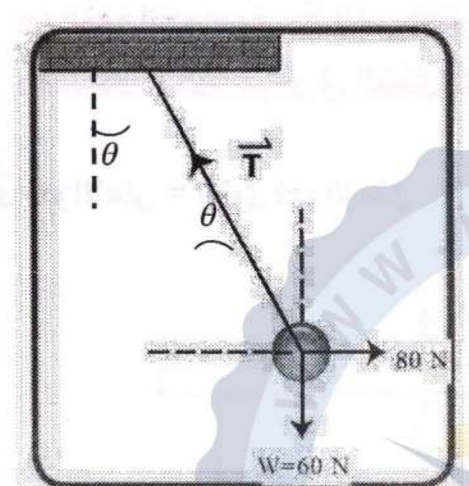
$T \sin 0.6 = 300$

$T = \frac{300}{0.6} = 500\ N$ الشد T في حبل الربط

$R_x = T\cos 37°$

$R_x = 500 \times 0.8 \rightarrow R_x = 400\ N$ مقدار رد الفعل للجدار R على امتداد اللوح

س6/ اثرت قوة افقية مقدارها 80 N في جسم كتلته 6 Kg معلق بوساطة حبل لاحظ الشكل مامقدار واتجاه قوة الشد T التي يؤثر بها الحبل على الجسم المعلق لتبقيه في حالة اتزان سكوني اعتبر التعجيل الارضي g = 10 N/Kg





الحل/

الجسم تؤثر عليه ثلاثة قوى

(1) T قوة الشد المائل بزاوية θ مع الشاقول

(2) w وزن الجسم $10\times 6 = 60N$

(3) F القوة الافقية 80 N

نحلل الشد الى مركبتين:

المركبة الشاقولية = $T\cos\theta$

المركبة الافقية = $T\sin\theta$

القوى الى اليمين = القوى الى اليسار

القوة الى الاعلى = القوة الى الاسفل

$80 = T \sin\theta$ .... (1

$60 = T \cos\theta$ .... (2

بالقسمة

$\frac{80}{60} = \tan\theta \rightarrow \tan\theta = 1.33$

$\therefore \theta = 53^\circ$ مع الشاقول

$T \sin 53 = 80$ نعوض قيمة θ في معادلة رقم (1)

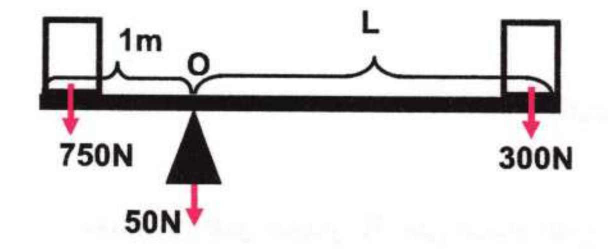
$T \times 0.8 = 80 \Longrightarrow T = \frac{80}{0.8} = 100\ N$ الشد

مسائل اضافية

س1/ لوح متجانس وزنه 50 N يرتكز على دعامة في منتصفه وضع عليه ثقلين الاول 750N يبعد 1m عن المرتكز والثقل الثاني 300 N موضوع عند الطرف الاخر من اللوح جد:

a) مقدار القوة العمودية التي تؤثر بها الدعامة في اللوح

b) بعد الثقل الثاني عن المرتكز



الحل/

(1) بما ان اللوح في حالى اتزان سكوني

$\Sigma F_y = 0$

$n = 750 + 50 + 300 = 1100\ N$

(2) بما ان اللوح في حالى اتزان دوراني حول محور الدوران O

$\Sigma T = 0$

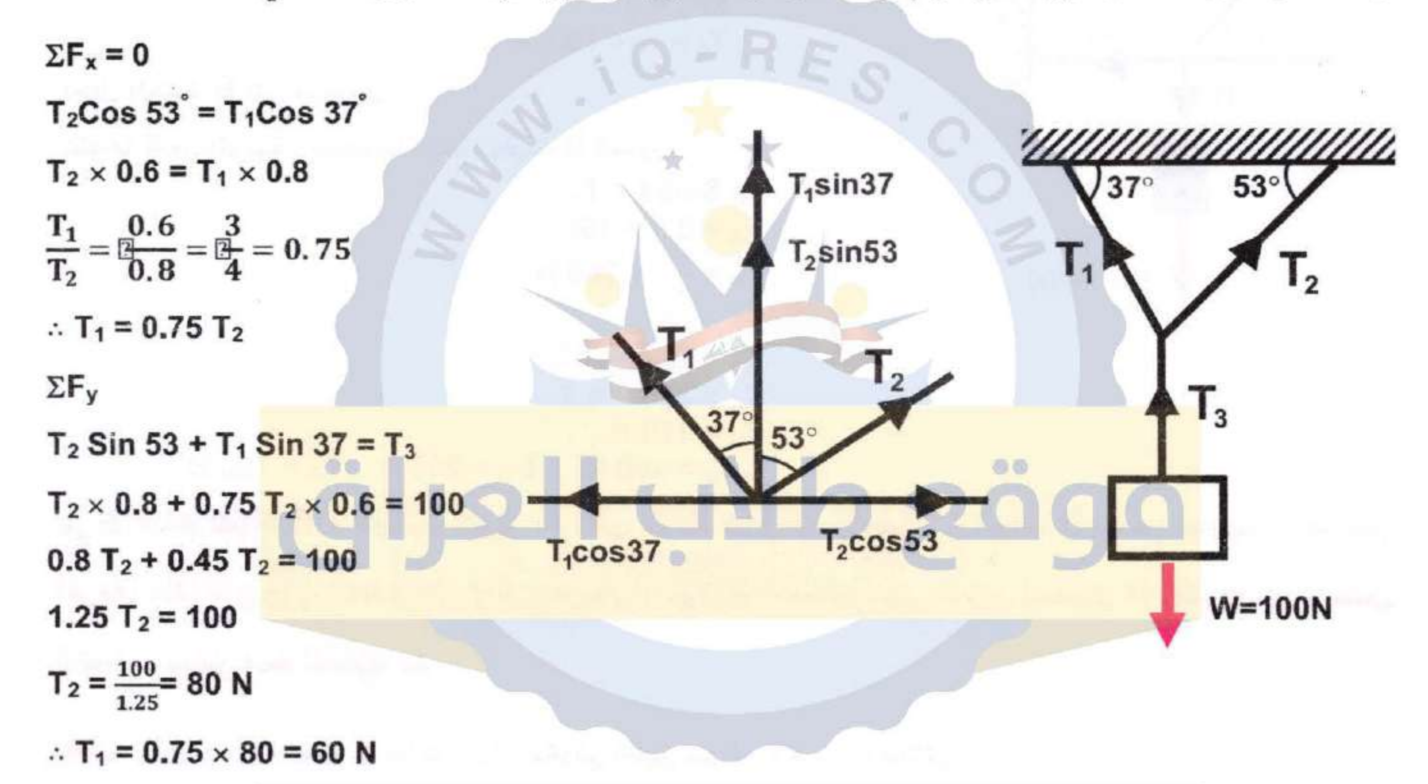
$750 \times 1 = 300\times \ell$

$\ell = \frac{750}{300} = 2.5\ \mathrm{m}$

س2/ جسم وزنه 100 N معلق بخيطين مهملي الوزن كم افي الشكل وهو في حالة اتزان ما قوة الشد في كل خيط من الخيوط الثلاثة؟

الحل/ بما ان الجسم يتدلى بقوة الشد T_3 عندها $T_3 = 100\ N$

- نحلل القوة المائلة T_1 و T_2 الى مركبتيها الأفقية والشاقولية ونطبق شرط الاتزان الانتقالي



$\Sigma F_x = 0$

$T_2 Cos\ 53^\circ = T_1 Cos\ 37^\circ$

$T_2 \times 0.6 = T_1 \times 0.8$

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{0.6}{0.8} = \frac{3}{4} = 0.75$

$\therefore T_1 = 0.75\ T_2$

ΣF_y

$T_2 \ Sin\ 53 + T_1\ Sin\ 37 = T_3$

$T_2 \times 0.8 + 0.75\ T_2 \times 0.6 = 100$

$0.8\ T_2 + 0.45\ T_2 = 100$

$1.25\ T_2 = 100$

$T_2 = \frac{100}{1.25} = 80\ N$

$\therefore T_1 = 0.75 \times 80 = 60\ N$

س3/ لوح متجانس طوله 5m وكتلته 40kg وضع على مسند على بعد 1m من طرف الايسر وعلق الطرف الايمن بحبل معلق بسقف واللوح بوضع افقي. وقف شخص وزنه 800 N على بعد 1m من الطرف الايمن ما مقدار رد فعل اللوح وما مقدار قوة الشد في الخيط عندما تكون المجموعة متزنة؟

الحل/ بما ان المجموعة في حالة اتزان

(1) نطبق شرط الاتزان الانتقالي

$\Sigma F_y = 0$

$n + T = 400 + 800$

$n + T = 1200 \ldots (1)$

(2) نطبق شرط الاتزان الدوراني $\Sigma T = 0$

- لنتخذ نقطة o نقطة محور دوران المجموعة

العزوم باتجاه دوران عقارب الساعة = العزوم باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة

$400 \times 1.5 + 800 \times 3 = T \times 4 \rightarrow 600 + 2400 = 4T$

$3000 = 4T$

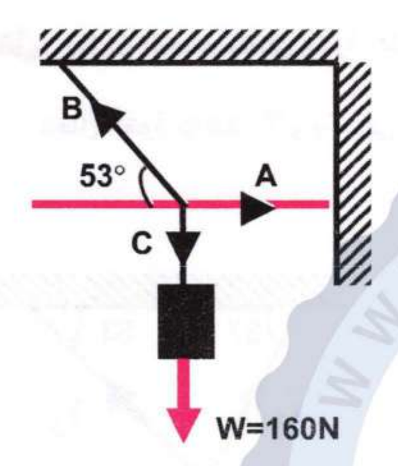
$T = \frac{3000}{4} = 750\ N \ldots (2)$

نعوض (2) في (1)

$n + 750 = 1200$

$n = 1200 - 750 = 450\ N$

س4/ علق جسم وزنه 160 N بطرف حبل (C) وربط الطرف الآخر بحبلين أحدهما A متصل أفقيا بجدار والآخر B معلق بسقف ويضع زاوية 53° مع الافق كما في الشكل أحسب الشد في الحبال الثلاثة A,B,C



الحل/ بما ان المجموعة في حالة اتزان انتقالي

$$\Sigma F_y = 0$$
$$T_c = w = 160\ N$$

نحلل الخيط B الى مركبتين

عندها تكون المركبة الشاقولية لشد الخيط B تساوي

$$T_B \sin 53 = T_c$$
$$T_B \times 0.8 = 160$$
$$T_B = \frac{160}{0.8} = 200\ N$$
$$\Sigma F_x = 0$$
$$T_A = T_B \cos 53$$
$$T_A = 200 \times 0.6$$
$$T_A = 120\ N$$
$$\therefore T_c = 160\ N\ ,\ T_{13} = 200\ N\ ,\ T_A = 120\ N$$

س5/ سلم طوله AB يستند طرفه A على حائط عمودي واملس وطرفه B يضع ظاوية 60° مع الارض فأذا كان وزن السلم 40 N جد مقدار قوة الاحتكاك بين طرفي السلم B والارض ورد فعل الجدار للسلم عند النقطة A.

الحل/ (1) بما ان السلم في حالة اتزان سكوني نطبق شرط الاتزان الانتقالي

N رد فعل الارض ، W وزن السلم

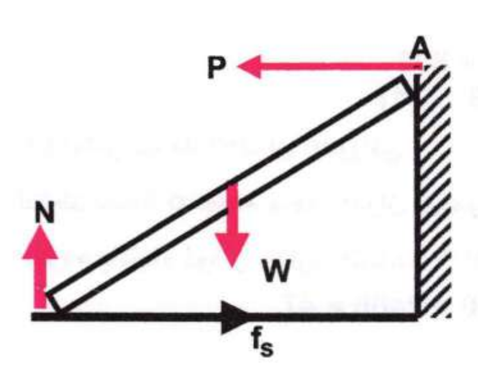
P رد فعل الجدار ، f_s قوة الاحتكاك

$$\Sigma F_y = 0$$
$$W = N = 40\ N$$
$$\Sigma F_x = 0$$
$$f_s = P$$

(2) بما ان السلم في حالة اتزان دوراني نطبق الشرط الثاني للاتزان ونتخذ النقطة B مركزاً للعزوم

$$\Sigma T = 0$$

العزوم بأتجاه عقارب الساعة = العزوم بأتجاه معاكس لعقارب الساعة



$$W = \frac{1}{2}\ell \cos 60 = P\ell \sin 60$$

$$P = \frac{w \cos 60}{2 \sin 60} = \frac{w}{2 \tan 60} = \frac{40}{2\sqrt{3}} = \frac{20}{1.7} = 11.52\ N$$

$$P = f_s = 11.52\ N$$

الفصل الخامس

الشغل والقدرة والطاقة والزخم

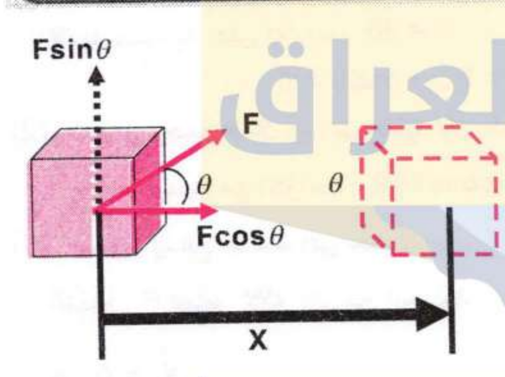
الشغل Work

مفهوم الشغل / ان الشغل بالمعنى الفيزيائي هو قوة مقدارها F تؤثر في جسم وتزيحه ازاحة ما وبشكل موازي لتلك القوة او لاحدى مركباتها .

امثلة على الشغل :



(1) قوة $\vec{F}$ تؤثر على جسم (صندوق) حركته ازاحة X من (a الى b) فانها تنجز عليه شغل .



قوة $\vec{F}$ مائلة بزاوية θ تؤثر على صندوق فتزيحه ازاحة X .

لذلك فان اي قوة مائلة تحلل الى مركبتين افقية وعمودية

الافقية $F\cos\theta$

والعمودية $F\sin\theta$

فان المركبة الافقية $F\cos\theta$ هي التي تنجز شغلاً لأن اتجاهها باتجاه حركة الجسم .

∴ الشغل W

$$W = (F\cos\theta).X = F.X\cos\theta$$

تعريف الشغل رياضيا /

يعرف الشغل رياضيا بالضرب القياسي النقطي ((·) دوت) بين متجهي القوة والازاحة .

حيث $\vec{F}$ متجهة القوة ، $\vec{X}$ متجهة الازاحة ، θ الزاوية بين X , F $\quad W = \vec{F}.\vec{X}$

$$W = FX\cos\theta$$

س/ ما هو شروط انجاز الشغل؟

ج/(1) وجود قوة تؤثر في الجسم

(2) يقطع الجسم ازاحة بأتجاه تلك القوة أو لاحدى مركباتها.

ملاحظات مهمة في حل مسائل الشغل /

(1) الشغل كمية عددية ووحداته (نيوتن . متر) في النظام العالمي وكل نيوتن . م **يسمى** جول Joule

$J = N.m \quad , \because N = kg\,\frac{m}{s^2} \quad , \quad \therefore J = kg\,\frac{m^2}{s^2}$

(2) الشغل الذي تنجزه القوة على الجسم يعتمد على الزاوية θ بين القوة والازاحة وعندها يكون .

(أ) **الشغل موجب** (+) عندما تكون الزاوية θ حادة او صفر اي (($0 \le \theta < 90$))القوة باتجاه الحركة ، اي الحركة متسارعة ، مثل الدفع والشد والسحب.

(ب) **الشغل سالب** (−) عندما تكون θ منفرجة او $180°$ (($90 \geq \theta \geq 180$)) أي القوة بعكس اتجاه الحركة ، اي الحركة بتباطؤ ، مثل قوة الاحتكاك ، قوة الجاذبية الخفض.

(جـ) **الشغل = صفر** عندما تكون القوة المؤثرة عمودية على متجهة الازاحة اي $\theta = 90°$ أو عندما يكون الجسم ساكن اي $\vec{X} = 0$

(3) كل جسم يرفع الى الاعلى فان الشغل (+) (لان القوة الرافعة للشخص بنفس اتجاه الازاحة)

(4) كل جسم ينخفض الى الاسفل فان الشغل (−) (لان القوة الخافضة للشخص بعكس اتجاه الازاحة)

س/ اذا كان الشغل كمية مقدارية ((عددية)) على ماذا تدل الاشارة اسالبة او الموجبة للشغل؟

ج/ دلالة على ان النظام الخارجي ((المحيط)) انجز شغلاً على الجسم فيكتسب الجسم طاقة فيكون الشغل موجباً اما في حالة الجسم انجز شغلاً على النظام الخارجي ((المحيط)) فأنه يفقد طاقة فيكون الشغل سالباً.

- مثل قوة الاحتكاك فأن الجسم ينجز شغلاً على الوسط المحيط للتغلب على قوة الاحتكاك عندها يفقد طاقة.



امثلة على قوى لاتنجز شغل (شغل = صفر) .

القوة المركزية

(1) القوة المركزية .

لانها عمودية على الازاحة $\theta = 90$

$W = F \times \cos 90 = 0$

(2) شخص يحمل ثقلاً ويمشي افقياً لأن القوة المبذولة ضد الوزن عمودية مع الازاحة $\cos 90 = 0$

(3) شخص يدفع حائط الى حد لاعياء .

الشغل = صفر لآنه لايزيح الحائط

اي $\vec{X} = 0$



مثال1ص107/ رجل يسحب مكنسة كهربائية بقوة $F = 50\ N$ وبزاوية $30°$ مع الافق احسب الشغل المنجز من قبل القوة على المكنسة عند تحريكها ازاحة مقدارها 3m باتجاه اليمين .

الجواب /



القوة التي تنجز الشغل هي المركبة الافقية FCOS30

$W = F\cos$

$W = (50)(3)\cos 30$

$W = 150 \times 0.866$

$W = 129$ Joule

سؤال / لو ان القوة المؤثرة في جسم معين لم تستطيع تحريكه فما مقدار الشغل الذي تكون قد بذلته تلك القوة في هذه الحالة.

الجواب/ الشغل يساوي صفر لأن الازاحة $\vec{X}$ تساوي صفر $W = \vec{F} . \vec{X} = 0$

مثال2ص107/ رافع اثقال يحمل أثقال مقدارها 710 N وبازاحة مقدارها 0.65 m الى الاعلى ثم يخفضها بنفس الازاحة فاذا كانت سرعة الرفع والخفض نفسها ماهو الشغل المنجز من قبل رافع الاثقال في الحالة a) وفي الحالة b) .

الجواب /

الحالة a)

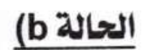
متجهة القوة الى الاعلى ومتجهة الازاحة الى الاعلى

فان الزاوية بينهما $\theta = 0$ اي $\cos\theta = \cos 0 = 1$

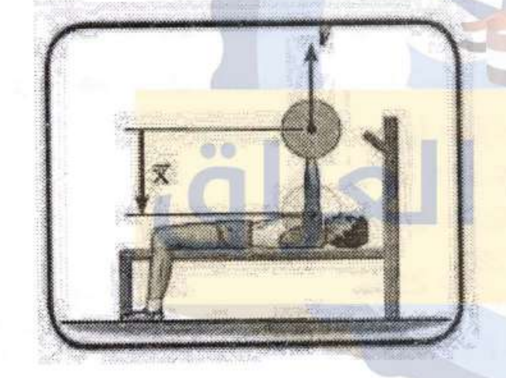
$W = F.X \cos\theta$

$w = 710 \times 0.65 \times \cos 0$

$W = 460$ Joule



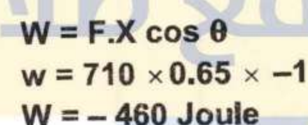
الحالة b)



متجهة القوة الى الاعلى ومتجهة الازاحة الى الاسفل

فان $\theta = 180°$ اي $\cos 180° = -1$

$W = F.X \cos\theta$

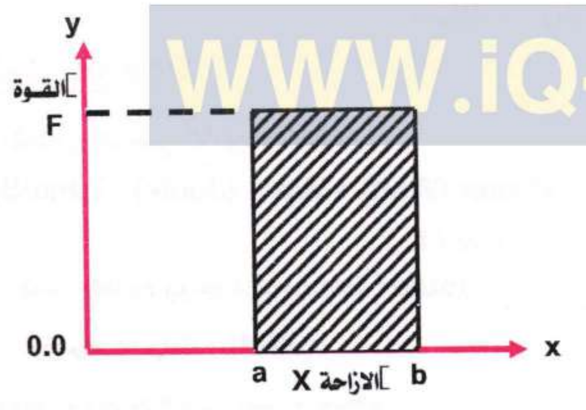


$w = 710 \times 0.65 \times -1$

$W = -460$ Joule

التمثيل البياني للشغل /

❖ اذا تم ازاحة جسم أفقياً بتأثير قوة ثابتة فأنه يمكن تمثيل العلاقة بين القوة والازاحة بيانياً، كما في الشكل



المحور الافقي يمثل الازاحة X

والمحور العمودي y يمثل القوة $\vec{F}$

والازاحة $\vec{X}$ متغيرة من a الى b

والقوة ثابتة فأن المساحة المظللة تمثل الشغل وتساوي

مساحة مستطيل طوله (ab) وعرضه (of)

$$W = \vec{F}.\vec{X}$$

الشغل لعدة قوى مؤثرة في الجسم /

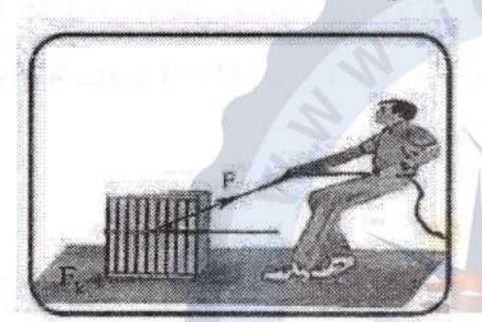
يتم بتحليل كل قوة الى مركباتها مركبة شاقولية ومركبة افقية

ويحسب شغل كل مركبة على حده ثم نحسب الشغل الكلي .

مثال3ص107/ شخص يسحب صندوق بواسطة حبل على سطح افقي خشن بسرعة ثابتة وبقوة شد $\vec{F}$ والزاوية بين الحبل والمحور الافقي X هي 37° فاذا تحرك الصندوق 5m بحيث كانت قوة الاحتكاك الانزلاقي f_k هي 20N مامقدار قوة الشد $\vec{F}$ ومامقدار الشغل المنجز بواسطة قوة الشد . وبواسطة قوة الاحتكاك الانزلاقي

الحل /

بما ان الصندوق يتحرك بسرعة ثابتة فان الجسم في حالة اتزان استاتيكي



$\sum F_x = 0$ (قانون نيوتن الاول)

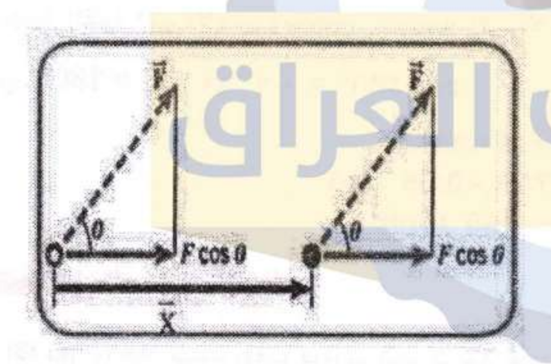
$W = \vec{F} . \vec{X} = (0).(X) = 0$

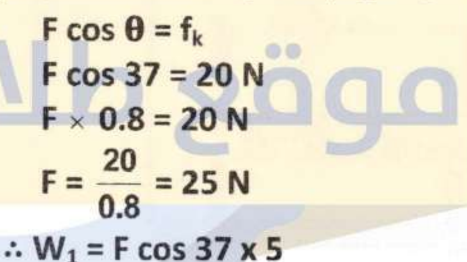
$F_x = f_K$

$W_1 = -W_2$

حيث W_1 هو الشغل الذي تبذله القوة F

و W_2 هو الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك الانزلاقي





$F \cos \theta = f_k$

$F \cos 37 = 20\ N$

$F \times 0.8 = 20\ N$

$F = \frac{20}{0.8} = 25\ N$

$\therefore W_1 = F \cos 37 \times 5$

$W_1 = 25 \times 0.8 \times 5 = 100\ J$

$W_2 = f \cos 180 \times 5 = (20)(-1) \times 5$

$W_2 = -100\ J$

القدرة : Power

هو المعدل الزمني لانجاز الشغل

Power (Watt) = Work (Joule) / Time(S)

$P = w / t$

(❖) تقاس القدرة بوحدة Joule / Second

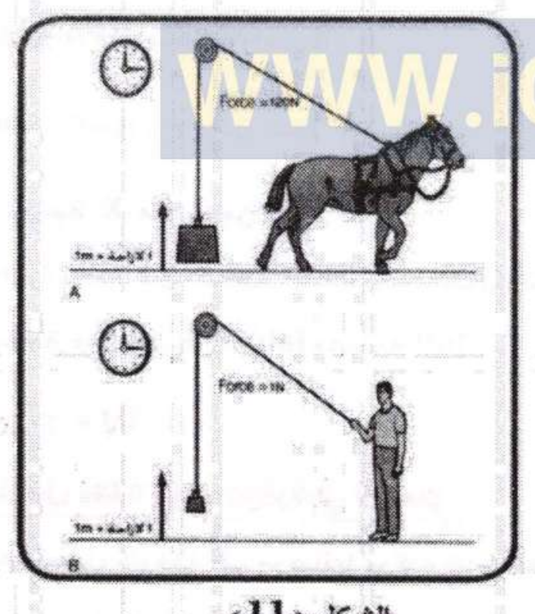
وتعرف بالواط (Watt)

وهناك وحده قياس للقدرة **تسمى**

القدرة الحصانية (hp) (horse power)

1 horse Power (hp) = 746 Watt

(❖) هناك علاقة للقدرة تسمى القدرة اللحظية Instantaneous Power وهي القدرة المتوسطة حينما تقرب الفترة الزمنية الى الصفر .



الشكل (11)

عندما تكون القوة ثابتة مع الزمن فأن القدرة اللحظية P_i تعطى بالعلاقة التالية :

$$\text{Instantaneous Power } (P_i) = \frac{\text{work done } (W_1)}{\text{Time (t)}} = \frac{\vec{F}.\vec{X}}{t}$$

حيث $V_i = \frac{x}{t}$ (السرعة اللحظية)

$$P_i = \vec{F}.\vec{V_i} \rightarrow P_i = FV\cos\theta$$

حيث θ الزاوية بين $\vec{F}, \vec{V_i}$

مثال 4 / مصعد كهربائي محمل بعدد من الاشخاص يرتفع الى الاعلى بسرعة ثابتة 0.7m/s فاذا كانت القدرة التي ينجزها السلك الفولاذي الحامل للمصعد 20300 Watt أحسب قوة الشد في السلك .

الحل / قوة الشد والسرعة بنفس الاتجاه $\theta = 0$

$P_i = FV\cos\theta$

$20300 = F \times 0.7\cos 0$

$F = \frac{20300}{0.7} = 29000N$

الطاقة Energy :

- هي قابلية الجسم على انجاز شغل ووحدة قياسها الجول

ومن صور الطاقة

(1) الطاقة الميكانيكية وتقسم الى طاقة حركية وطاقة كامنة .

(2) الطاقة الحرارية . (3) الطاقة الكيميائية .

(4) الطاقة المغناطيسية . (5) الطاقة النووية .

(6) الطاقة الكهربائية . (7) الطاقة الضوئية .

(8) الطاقة الصوتية .

الطاقة الحركية : Kinetic Energy :

هي الطاقة التي يمتلكها الجسم بسبب حركته . مثل كره ساقطة – سيارة متحركة – شخص يركض .

الطاقة الحركية تعريف هي القابلية على انجاز شغل بسبب حركة الجسم . ويعطى بالعلاقة التالية :

$$\text{Kinetic Energy (KE)} = \frac{1}{2}mV^2$$

- وتقاس الطاقة الحركية بوحدة الشغل وهي الجول Joule

س/ اثبت ان الشغل يساوي التغير في الطاقة الحركية للجسم المتحرك .

الحل/

$W = \vec{F}.\vec{X}$

$\vec{F} = m.\vec{a}$

$\therefore W = (ma)X$ -------------- (1)

$$V_f^2 = V_i^2 + 2aX$$

$$X = (V_f^2 - V_i^2) / 2a \quad \text{-------------- (2)}$$

بتعويض قيمة X في (1)

$$W = (ma)X = \frac{m a (V_f^2 - V_i^2)}{2 a}$$

$$W = (ma)X = \frac{1}{2} m (V_f^2 - V_i^2)$$

$$W = \frac{1}{2} m V_f^2 - \frac{1}{2} m V_i^2$$

$$W = KE_f - KE_i = \Delta KE$$

وهذا يعني ان الشغل الذي تنجزه محصلة قوة خارجية تؤثر في الجسم يساوي التغير في طاقته الحركية ΔKE مع ملاحظة ان محصلة القوى تكون موجبة اذا كانت باتجاه الحركة وسالبة اذا كانت معاكسة لاتجاه الحركة

∴ الجسم الذي كتلته m يتحرك بسرعة v فانه يمتلك طاقة حركية KE معطى بالعلاقة التالية

$$\text{Kinetic Energy (KE)} = \frac{1}{2} m V^2$$

س/ على ماذا يعتمد مقدار الطاقة الحركية ؛

ج/ من قانون الطاقة الحركية فان الطاقة الحركية تعتمد على ؛

(1) كتلة الجسم

(2) سرعة الجسم .

مثال5/ سيارة كتلتها 2000 Kg تتحرك على ارض افقية ضغط سائق السيارة على الكوابح حينما كانت تسير بسرعة 20 m/s فتوقف بعد ان قطعت مسافة 100 m كما في الشكل جد ماياتي :

(1) التغير في الطاقة الحركية.

(2) الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك في ايقاف السيارة .

(3) مامقدار قوة الاحتكاك بين عجلات السيارة والطريق على فرض انها بقيت ثابتة.

الحل/

(1) التغير في الطاقة الحركية Δ K E = الطاقة الحركية النهائية $(KE)_f$ − الطاقة الحركية الابتدائية $(KE)_i$

$$\Delta KE = (KE)_f - (KE)_i$$

$$= \frac{1}{2} m V_f^2 - \frac{1}{2} m V_i^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 2000 \times 0^2 - \frac{1}{2} \times 2000 \times 20^2$$

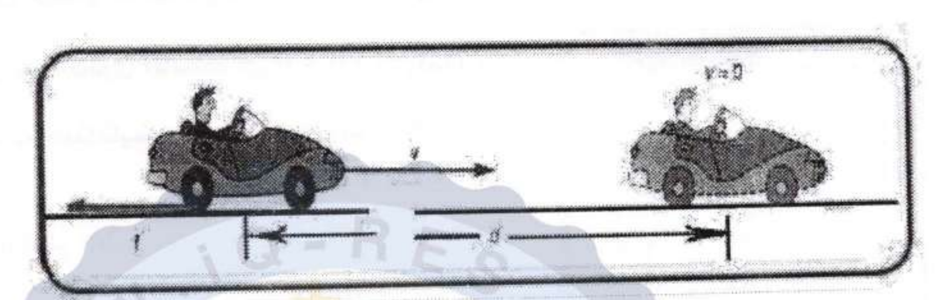
$$= 0 - 1000 \times 400$$

$$\Delta KE = -400000\ J$$ مقدار التغير في الطاقة الحركية

(2) الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك W = التغير في الطاقة الحركية ΔKE .

$W = -400000\ J$

(3) الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك $(f_k \times \cos\theta)$ = التغير في الطاقة الحركية ΔKE .



$\Delta KE = f_k\ X\cos\theta$

$\theta = 180$

$\cos 180 = -1$

$KE = f_k\ X\cos 180$

$KE = f_k \times 100 \times -1$



$F_k = \frac{-400000}{-100} = 4000\ N$ قوة الاحتكاك



الطاقة الكامنة : Potential Energy

هي كمية الطاقة المخزونة في الجسم والتي يمكن ان تنجز شغلاً .

تقسم الى قسمين .

a) طاقة كامنة تثاقلية (وضعية) .

b) الطاقة الكامنة للمرونة .

a) الطاقة الكامنة التثاقلية (الوضعية) GPE

هي الطاقة التي يكتسبها الجسم بسبب قوة الجاذبية .

$$GPE = mgh$$

m كتلة الجسم ، g التعجيل الارضي ، h ارتفاع الجسم .

تقاس الطاقة التثاقلية بوحدة الجول .

في الشكل التالي يوضح بكرتين مهملتين الاحتكاك والوزن تحملان جسمين متساويين بالكتلة وزن كلا منهما mg فأذا دفع الجسم B الى الاسفل فأنه سوف يبدأ بالسقوط مسافة h الى الاسفل في نفس الوقت ارتفع الجسم A مسافة h الى الاعلى.

إذ ان الجسم B يشد الجسد A الى الاعلى فهو يبذل شغلاً مقداره W= mg .h يفقد طاقة وان الجسم A أكتب هذه الطاقة يساوي الشغل المبذول عليه اي ان الجسم A في موضعه الجديد يختزن طاقة.

ملاحظة / **لحساب الطاقة الكامنة التثاقلية نعتبر مستوى الارض هو المستوى القياسي .**

هل نعلم / ان مياه الشلالات الساقطة تمتلك طاقة كامنة وعند سقوطها تتحول الى طاقة حركية تنجز شغلاً فتدور التوربينات وتولد طاقة كهربائية .

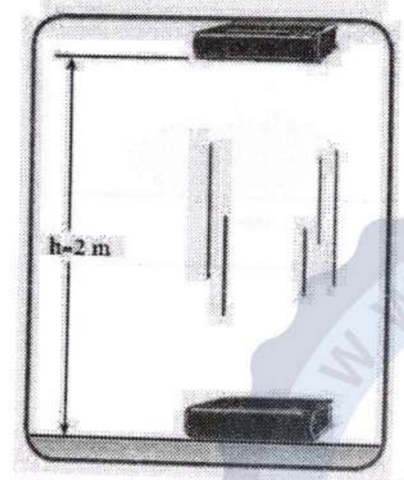
س/ هل الشغل المبذول في رفع صندوق والقدرة لذلك يتوقف على سرعة رفع الجسم؟ وضح ذلك؟

ج/ لا يتوقف الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية على سرعة رفع الجسم ليكتسب طاقة كامنة تثاقلية

$G.P.E = mgh$

ولكن القدرة تتوقف على سرعة الجسم والزمن $P = \frac{W}{t} \rightarrow P = \vec{F} \cdot \vec{V}$

مثال6/احسب التغير في الطاقة الكامنة التثاقلية في مجال الجاذبية الارضية لكتاب كتلته 3Kg عند سطح الارض وعلى ارتفاع 2m حيث $g\ 10\ m/s^2$.



الجواب / نعتبر مستوى الارض هو مستوى الاسناد اي h = 0 (الارتفاع)

وعندها الطاقة الكامنة التثاقلية عند مستوى الارض h = 0

$G\ PE_1 = 3 \times 10 \times 0 = 0$

الطاقة الكامنة عند ارتفاع 2m

$GPE_2 = mgh$
$= 3 \times 10 \times 2 = 60\ J$

∴ التغير في الطاقة الكامنة للجسم Δ GPE هو

$\Delta\ GPE = GPE_2 - GPE_1 = 60 - 0 = 60\ J$

سؤال /

اعد حل المثال السابق على افتراض ان مستوى الاسناد على الارتفاع 2m واثبت ان التغير في الطاقة الكامنة التثاقلية يساوي القيمة نفسها 60 J .

عند مستوى الاسناد $GPE_1 = mgh = 0$. (الطاقة التثاقلية)

$GPE_2 = mgh = 3 \times 10 \times 2 = 60$ (على اعتبار ان h كمية مطلقة لا تاخذ اشارة)

$\Delta\ GPE = 60 - 0 = 60\ J$

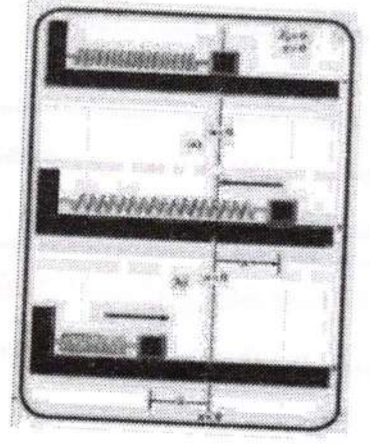
الاستنتاج / التغير في الطاقة الكامنة لايعتمد على اختيار مستوى الاسناد .

b) الطاقة الكامنة للمرونة : Elastic Potential Energy :

❖ من الامثلة المهمة على شغل تنجزه قوة متغيرة المقدار هو الشغل الذي تنجزه قوة النابض.

❖ في الشكل التالي نابضاً مهمل الكتلة موضوعاً على سطح أفقي أملس ((مهمل الاحتكاك)) ومثبت من طرفه بحائط شاقولي ومربوط من الطرف الآخر بكتلة (m). عند التأثير فيه بقوة تحدث له أزاحة على شكل استطالة او انضغاط مقدارها x فأن قوة تنشأ عن النابض تساوي القوة الخارجية مقداراً وتعاكسها أتجاهاً.

❖ هو حاصل ضرب قوة ساحبة او ضاغطة في طرف نابض مع مقدار التغير في الطول x الذي سببته هذه القوة .



$$EPE = \frac{1}{2} KX^2$$

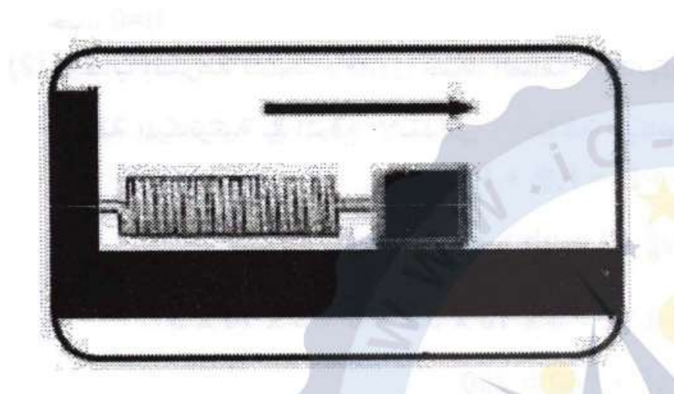
K ثابت قوة النابض ويقاس بوحده N/m

X مقدار التغير في طول النابض

وحدات الطاقة الكامنة للمرونة هي الجول Joule

مثال7 / نابض معدني ثابت القوة فيه 200 N/m ثبت احد طرفيه بجدار شاقولي ووصل طرفه الاخر بجسم كتلته 2Kg موضوع على سطح افقي املس كبس النابض ازاحة مقدارها 0.2m ما اقصى انطلاق يكتسبه الجسم عند ازالة القوة الكابسة عنه .

الحل /



طاقة المرونة = الطاقة الحركية

$$EPE = KE$$

$$\frac{1}{2}KX^2 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{1}{2}(200)(0.2)^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times v^2$$

$$v^2 = 4$$

$$v = 2\ m/s$$ انطلاق الجسم

حفظ الطاقة الميكانيكية : Conservalion of mechanical Energy :

- لقد تعرفنا على ان الجسم يمكن ان يمتلك طاقة كامنة او طاقة حركية ولكن هل يمكن ان يمتلك طاقة كامنة وطاقة حركية في الوقت نفسه؟ وهل يمكن ان تتحول الطاقة الكامنة الى طاقة حركية او بالعكس؟
- من الشكل التالي يتبين ان الجسم يمتلك الطاقة عند نقاط مختلفة في اثناء نزوله (بأحمال مقاومة الهواء والاحتكاك).

KE	PE	E=KE+PE
0 J	600 000 J	600 000 J
200 000 J	400 000 J	600 000 J
400 000 J	200 000 J	600 000 J
600 000 J	0 J	600 000 J

$v_0 = 0\ m/s$ ، a ، d

الشكل (20)

1) عند النقطة (a) الجسم يمتلك اعظم طاقة كافية لانه عند أعلى أرتفاع (h) بدون ان يمتلك طاقة حركة لانه ساكن.

2) عند النقطة (b) سيفقد الجسم قسماً من طاقته الكامنة ويكتسب قسماً من الطاقة الحركية.

3) عند النقطة (c) سيزداد الفقط بالطاقة الكامنة بسبب الاستمرار بنقصان مقدار الارتفاع (h) وبالمقابل تزداد طاقته الحركية.

4) عند النقطة (d) سيكون للجسم طاقة كامنة تساوي صفراً لان h=0 ولكن بأعظم طاقة حركية.

س/ قذفت كرة شاقوليا الى الاعلى في الهواء ماذا يحصل لمقدار كل من الطاقة الحركية والطاقة الكامنة التثاقلية للكرة في اثناء حركتها؟

ج/ يحدث نقص في الطاقة الحركية (KE) اثناء الحركة الى الاعلى بسبب نقصان السرعة $KE = \frac{1}{2}mv^2$ بينما الطاقة الكامنة تزداد بسبب زيادة الارتفاع

$PE = mgh$

$E_{mech} = PE + K.E$

$\Delta KE = -\Delta PE$

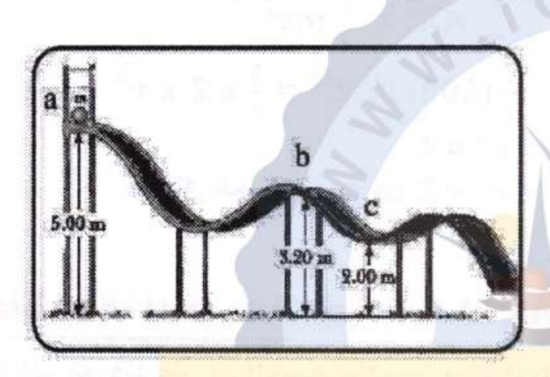
مثال8 / انزلقت كرة كتلتها 5Kg من السكون من نقطة a عبر مسار مهمل الاحتكاك كما في الشكل احسب سرعة الكرة عند النقطتين b , C علما ان التعجيل الارضي يساوي $10\ m/s^2$.

الحل /

(1) عند حساب الطاقة الكامنة التثاقلية نختار دائماً مستوى مرجعياً وليكن مستوى الارض هو مستوى الاسناد حيث h=0

(2) لحساب السرعة نستخدم قانون حفظ الطاقة الميكانيكية بين الموقعين b , a .

الطاقة الميكانيكية في الموقع الابتدائي = الطاقة الميكانيكية في الموقع النهائي .



$$KE_f + PE_f = KE_i + PE_i$$

$$\frac{1}{2}\, m\, v_b^2 + (mgh)_b = \frac{1}{2}\, m\, v_a^2 + (mgh)_a$$

$$\frac{1}{2} \times 5 \times v_b^2 + 5 \times 10 \times 3.2 = 0 + 5 \times 10 \times 5$$

$$2 - 5\, v_b^2 + 160 = 250$$

$$V_b^2 = 36$$

$V_b = 6\ m/s$ سرعة الكرة عند الموقع b

اما السرعة عند النقطة C فنحسبها بتطبيق قانون حفظ الطاقة بين الموقعين b , C .

$$KE_c + PE_c = KE_b + PE_b$$

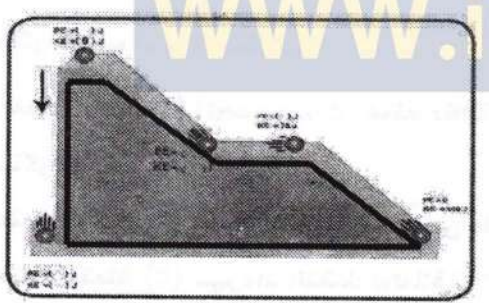
$$\frac{1}{2}\, m\, V_c^2 + (mgh)_c = \frac{1}{2}\, m\, V_b^2 + (mgh)_b$$

$$\frac{1}{2} \times 5 \times V_c^2 + 5 \times 10 \times 2 = \frac{1}{2} \times 5 \times 6^2 + 5 \times 10 \times 3.2$$

$V_c = 7.746\ m/s$ سرعة الكرة عند النقطة C

سؤال / الشكل يوضح كره موضوعة في اعلى سطح مائل (باهمال مقاومة الهواء والاحتكاك)

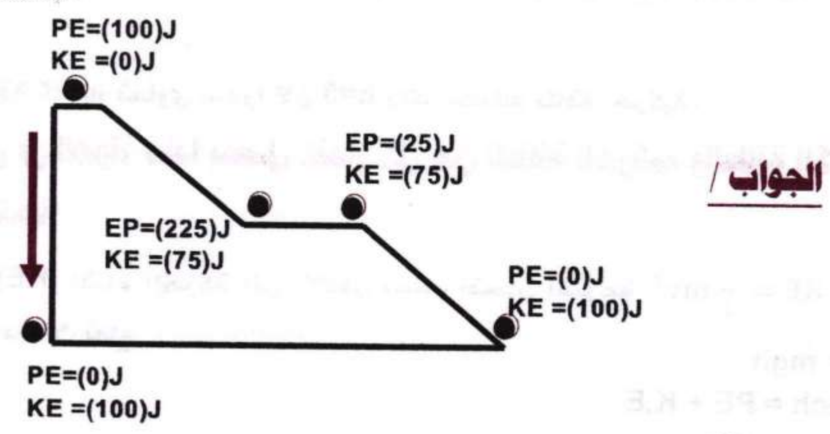
املأ الفراغات في الشكل في الحالات التالية



(1) سقوط الكره سقوطاً حراً .

(2) حركة كره على المستوى المائل .

الجواب /



الشغل المبذول بوساطة قوى غير المحافظة: Work done by Non cohsevveitive forces

ان وجود قوى غير محافظة في نظام خاضع للجاذبية يسبب تغيراً في الطاقة الميكانيكية للنظام اي .

شغل القوى غير المحافظة = التغير في الطاقة الميكانيكية

Work done by $(w)_{nc}$ = change in the $(E_f - E_i)$
Non conservative force mechanical energy of the system

$$W_{nc} = E_f - E_i$$

W_{nc} شغل القوى الغير محافظة

اذا كان شغل القوى غير المحافظة سالب (مثل قوة الاحتكاك ومقاومة الهواء فانه يسبب نقصان في الطاقة الميكانيكية) اما اذا كان شغل القوى غير المحافظة موجب (مثل شغل المحركات والالات فنحصل على زيادة في الطاقة الميكانيكية للنظام) .

سؤال / انزلقت كرة كتلتها 0.5 Kg من السكون عند النقطة (a) على المسار المنحني كما مبين في الشكل اذا علمت أن المسار مهمل الاحتكاك في الجزء a الى b وخشن من b الى C جد ماياتي :

(1) سرعة الكره عند النقطة b .

(2) قوة الاحتكاك التي تتعرض لها الكرة في الجزء من B الى C اذا علمت انها توقفت عند النقطة (C) بعد قطعها مسافة 10 m من النقطة b .

الحل /

(1) من قانون حفظ الطاقة

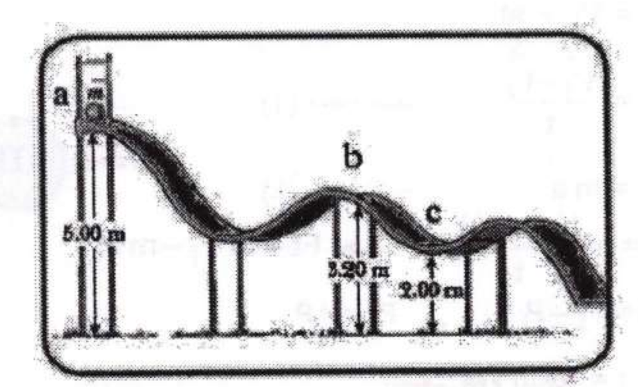
الطاقة الميكانيكية في الموقع الابتدائي = الطاقة الميكانيكية في الموقع النهائي .

$$\frac{1}{2} m v_a^2 + mgh_a = \frac{1}{2} m v_a^2 + mgh_b$$

$$\frac{1}{2} \times 0.5 \times 0 + 0.5 \times 10 \times 5 = \frac{1}{2} \times 0.5 \times v_b^2 + 0.5 \times 10 \times 3.2$$

$$25 = 0.25 v_b^2 + 16 \rightarrow V_b^2 = \frac{9}{0.25}$$

$$V_b = \frac{3}{0.5} = 6 \text{ m/s}$$ حركة الكرة عند النقطة b



(2) $F = ma$

$$V_c^2 = v_b^2 + 2aX$$

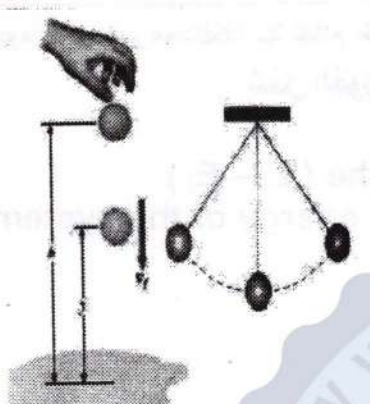
$$0 = 36 + 2a \times 10$$

$$20a = -36$$

$$a = \frac{-36}{20} = -1.8 \text{ m/s}^2$$ الاشارة السالبة تعني ان التعجيل تباطؤ

$F = ma \rightarrow F = 0.5 \times 1.8 = 0.9$ Newton قوة الاحتكاك

قانون حفظ الطاقة /



❖ من خلال دراستك عزيزي الطالب تعرفت ان للطاقة صوراً متعددة فمثلاً عندما يكون الجسم على ارتفاع h من الارض فأنه يختزن طاقة تسمى ((طاقة كامنة)) وعند ترك الجسم يسقط فأن هذه الطاقة تتحول تدريجياً الى طاقة حركية وجميع الطاقة الكامنة تتحول الى طاقة حركية لحظة اصطامه بسطح الارض اي ان الطاقة تكون دائماً محفوظة وهذه العملية تستند على أهم قوانين الفيزياء هو قانون حفظ الطاقة والذي ينص((الطاقة لاتفنى ولاتستحدث ولكن يمكن تحويلها من صورة الى اخرى اي ان المجموع الكلي للطاقة في السكون يبقى ثابتاً))

الزخم الخطي والدفع : Linear Moentum and Impulse

يعرف الزخم الخطي P بأن حاصل ضرب كتلة الجسم m في سرعته V اي ان

$$P = m v$$

ومن التعريف نجد ان الزخم هو كمية اتجاهية اتجاهه باتجاه السرعة ومقداره يساوي حاصل ضرب الكتلة في مقدار السرعة ويقاس بوحدة الكتلة في وحدات السرعة .

في النظام العالمي تكون وحدة الزخم $\frac{Kg.m}{s}$

❖ من السهولة ايقاف السيارة ذات السرعة القليلة لان زخمها صغيراً ولكن من الصعب جداً ايتان السيارة ذات السرعة الاكبر لان زخمها كبيراً. وكذلك ان وخم الجسم يتضاعف عندما تتضاعف كتلته.

س/ علام يعتمد مقدار الزخم الخطي؟

ج/ 1) كتلة الجسم (m)

2) سرعة الجسم (v)

س/ اثبت ان التغير في الزخم يساوي دفع القوة .

الحل/

$\vec{V}_f = \vec{V}_i + \vec{a}t$

$\vec{a} = \frac{\vec{V}_f - \vec{V}_i}{t}$ ---------- (1)

$\vec{F} = m\vec{a}$ ---------- (2)

$F = m\frac{(V_f - V_i)}{t} \rightarrow Ft = mV_f - mV_i$

$Ft = P_f - P_i \rightarrow Ft = \Delta P$

$F \times t =$ تسمى قوة الدفع

❖ (Fxt) هي كمية فيزيائية تسمى دفع القوة وهي مقياس للقوة المؤثرة في جسم مضروب بالمدة الزمنية التي تؤثر بها القوة في الجسم.

مثال9 / سيارة كتلتها (1200 Kg) احسب .

a) زخمها حينما تتحرك بسرعة 20 m/s شمالاً.

b) زخمها اذا توقفت عن الحركة ثم تحركت نحو الجنوب بسرعة 40 m/s.

C) التغير في زخم السيارة في الحالتين السابقتين .

الحل / السرعة × الكتلة = الزخم الخطي

Liner momentam (P) = Mass (M) x velocity $(\vec{V})$

$\vec{P} = m\vec{V}$

a) $P_1 = mV_1 = 1200 \times 20 = 24 \times 10^3$ Kg.m/s

b) $P_2 = mV_2 = 1200 \times 40 = 48 \times 10^3$ Kg.m/s

C) التغير في الزخم = الزخم النهائي – الزخم الابتدائي

$\Delta P = P_f - P_i$

$\Delta P = 48 \times 10^3 - 24 \times 10^3 = 24 \times 10^3$ Kg. m/s

مثال10/ اصطدمت سيارة كتلتها 1200Kg ومقدار سرعتها 20m/s بشجرة وتوقفت بعد ان قطعت مسافة 1.5m بزمن قدرة 0.15s جد مقدار القوة المتوسطة في ايقاف الشجرة للسيارة .

الحل / دفع القوة = التغير في الزخم

Impulse (Ft) = chang in momentum $\vec{P}$

$F.t = m(V_f - V_i)$

$V_i = 20$ m/s

$V_f = 0$ m/s توقفت عن الحركة

$F \times 0.15 = 1200(0-20)$

$F \times 0.15 = -24000$

$F = \frac{-24000}{0.15} = -16 \times 10^4$ N

الاشارة السالبة تعني ان القوة اتجاهها عكس اتجاه الحركة

طريقة ثانية

$W = \frac{1}{2}m(V_f^2 - V_i^2)$

$W = \frac{1}{2} \times 1200\,(0-20^2)$

$W = -600 \times 400 \Rightarrow W = -240000$ J

$W = FX\cos\theta \Rightarrow F = \frac{-240000}{1.5} = -16 \times 10^4$ N

سؤال / مافائدة الوسادة الهوائية (airbag)الموجودة في السيارات الحديثة .

ج / تعمل الوسادة الهوائية على تقليل تاثير القوة في الاجسام اثناء التصادم فتزداد الفترة الزمنية اللازمة لايقاف جسم السائق والركاب عن الحركة .

حفظ الزخم الخطي : Coservation of liner momentum :

ان التغير في الزخم = دفع القوة

وذلك بوجود محصلة قوى خارجية

فما هي المعادلة بين الزخم الخطي والدفع عندما يكون النظام معزولاً ميكانيكياً اي محصلة القوى الخارجية = صفر

التغير في الزخم = محصلة دفع القوة

التغير في الزخم = $\sum\vec{F}t$

$\sum\vec{F}t = 0$

$$\sum \vec{F}t = \Delta P \qquad 0 = m'\vec{V_f} - m\vec{V_i}$$

$$\therefore\ m'\vec{V_f} = m\vec{V_i}$$

الكتلة بعد التصادم m' , الكتلة قبل التصادم m

الزخم قبل التصادم = الزخم بعد التصادم

المعادلة اعلاه هي قانون حفظ الزخم الخطي وينص

اذا كانت محصلة القوى المؤثرة في النظام تساوي الصفر فان الزخم الكلي للنظام يبقى محفوظاً

س/ متى يكون الزخم الكلي للنظام يساوي صفر اي محفوظ

ج/ اذا كانت محصلة القوى تساوي صفر.

مثال11 / شاحنة كتلتها $3x10^4Kg$ متحركة بسرعة 10m/s تصادمت مع سيارة كتلتها 1200Kg تتحرك في الاتجاه المضاد بسرعة 25 m/s فاذا التصقت السيارتان بعد التصادم بايه سرعة تتحرك المجموعة .

الحل / كتلة السيارتان معا = $m_1 + m_2$

سرعتهما بعدالتصادم = V_{tot}

الزخم الكلي قبل التصادم = الزخم الكلي بعد التصادم

$$m_1V_1 + m_2V_2 = (m_1 + m_2)\times V_{tot}$$

$$3\times10^4\times10 + 1200\times(-25) = (30000 + 1200)\times V_{tot}$$

سرعة السيارة الثانية (سالبة) لانها عكس الاتجاه

$$V_{tot} = \frac{300000-30000}{31200} = \frac{270000}{31200} = 8.65\ m/s$$ سرعة المجموعة بعد التصادم

انواع التصادمات : Types of collisions :

هناك ثلاثة انواع من التصادمات هي

a) التصادم المرن التام : perfectly Elastic collision :

وهو النظام الذي يكون فيه الطاقة الحركية قبل التصادم تساوي الطاقة الحركية بعد التصادم

الطاقة الحركية قبل التصادم = الطاقة الحركية بعد التصادم

هذا النوع من التصادم لايصاحبه فقدان في الطاقة الحركية

b) التصادم عديم المرونة (غير مرن كليا) : perfectly Inelastic collision :

هذا النوع من التصادم تكون فيه الطاقة الحركية غير محفوظة ويصاحبه نقص كبير في الطاقة الحركية .

وان الجسمين المتصادمين يلتحمان بعد التصادم .

C) التصادم غير المرن : Inelastic collision :

هذا النوع من التصادم لاتلتحم الاجسام معاً وانما تبقى مفصولة ويصاحبه نقصان في الطاقة الحركية مثل تصادم كرات البليارد .

س/ لماذا تكون الشاحنة المحملة أكثر تدميرا من سيارة صغيرة عند اصطدامها بجسم كبير ساكن على فرض ان السرعتين الابتدائيتين متساويتان؟

ج/ لان الطاقة الحركية للشاحنة أكبر ((كتلتها أكبر)) فتكون مقدرتها على التدمير أكبر $KE=\frac{1}{2}mv^2$

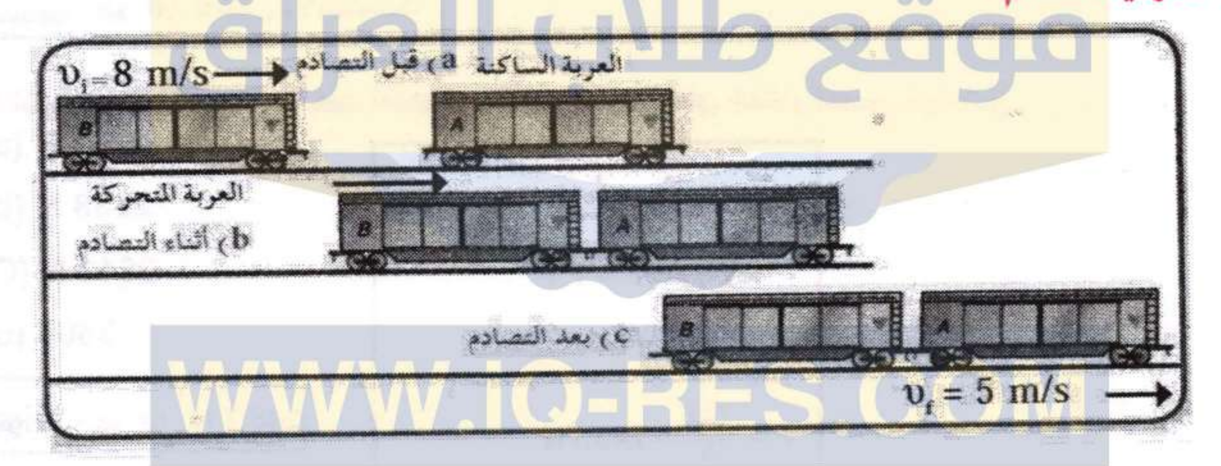
$KE \alpha m$

فكر / ما نوع التصادم الذي يكون فيه الطاقة الحركية والزخم الخطي محفوظان

تذكر : (1) التصادمات الثلاثة اعلاه تميز من التغير الحادث في الطاقة الحركية .

(2) الزخم الخطي محفوظ مهما كان نوع التصادم .

مثال12/ ماكنة قطار كتلتها 2.5×10^4 Kg تتحرك بسرعة 8 m/s أصطدمت بعربة ساكنة كتلتها 1.5×10^4 Kg وتتحركان معا بالاتجاه نفسه بسرعة 5 m/s احسب التغير في الطاقة الحركية للنظام .



ليكن KE_f الطاقة الحركية بعد التصادم ، KE_i الطاقة الحركية قبل التصادم

التغير في الطاقة الحركية = الطاقة الحركية بعد التصادم – الطاقة الحركية قبل التصادم

نجد الطاقة الحركية KE_i قبل التصادم $KE_i = \frac{1}{2} m_1 v_i^2 + \frac{1}{2} m_2 v_i^2$

$KE_i = \frac{1}{2} \times 2.5 \times 10^4 \times 8^2 + 0$

$KE_i = 80 \times 10^4$ J الطاقة الحركية قبل التصادم

نجد الطاقة الحركية KE_i بعد التصادم $KE_f = \frac{1}{2}(m_1 + m_2) v_{tot}^2$ السرعة النهائية المشتركة للقطارين v_{tot}

$KE_F = \frac{1}{2}(2.5 \times 10^4 + 1.5 \times 10^4)(5)^2$

$KE_f = \frac{1}{2}(4 \times 10^4) \times 5^2$

$KE_f = 50 \times 10^4$

$\Delta KE = = KE_f - KE_i$ التغير في الطاقة الحركية للنظام

$= 50 \times 10^4 - 80 \times 10^4$

$\Delta KE = -30 \times 10^4$ J

حدث نقصان في الطاقة الحركية اذن التصادم غير مرن كليا لان الجسمان يلتحمان بعد التصادم

اسئلة الفصل الخامس

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل مماياتي اعتبر $g = 10\ m/S^2$.

(1) صبي كتلته 40 Kg يصعد سلما ارتفاعه الشاقولي 5m في زمن 10s فان قدرته .

a) 20 w
b) 200W
C) 0.8W
d) 2×10^4W

التوضيح/ $P = \frac{w}{t} = \frac{mgh}{t}$

$P = \frac{40\times10\times5}{10} = 200W$

الجواب / b) 200 w

(2) تطبيقا لقانون حفظ الطاقة فان الطاقة .

a) تستحدث ولا تفنى
b) تفنى ولاتستحدث
C) تفنى وتستحدث
d) لاتفنى ولاتستحدث

الجواب / هو d) لاتفنى ولاتستحدث

(3) انجز جسم قدرة 1hp عند الانطلاق الاني 3m/s فان مقدار اقصى قوة هي

a) 248.7 N
b) 2238 N
C) 2613 N
d) 3600

التوضيح/ $P = \frac{W}{t} = \frac{F.X}{t}$

$\frac{X}{t} = \nu \quad \therefore \quad P = F\nu$

1hp = 746W

$746 = F\times3$

$F = \frac{746}{3} = 248.7N$

الجواب / هو a) 248.7 N

(4) احدى الوحدات التالية ليست وحدة للقدرة .

a) Joule – second
b) Watt
C) N.m/S
d) hp

الجواب / هو a) Joule – second

(5) لحفظ مركبة متحركة بانطلاق v يتطلب قوة F ضد الاحتكاك فالقدرة التي تحتاجها .

a) $F.\nu$
b) $\frac{1}{2} F \nu^2$
C) F/ν
d) F/ν^2

الجواب / هو a) $F.\nu$

التوضيح / $P = \frac{W}{t} = \frac{F.X}{t} = F.\nu$

(6) جسم كتلته (1Kg) يملك طاقة كامنة تثاقلية (1Joule) نسبة الى الارض عندما يكون ارتفاعه الشاقولي

a) 0.012 m
b) 0.1 m
C) 9.8 m
d) 32 m

التوضيح GPE = mgh

$1 = 1\times10\times h$

$h = \frac{1}{10} = 0.1m$

الجواب / هو b) 0.1 m

(7) جسم وزنه 10N يسقط من السكون من موضع ارتفاعه الشاقولي (2m) فوق سطح الارض فان مقدار سرعته لحظة اصطدامه بسطح الارض تكون .

a) 400 m/s
b) 20 m/s
C) 10 m/s
d) $\sqrt{40}$ m/s

الجواب / هو d) $\sqrt{40}$ m/s

التوضيح :

من قانون حفظ الطاقة /

الطاقة الميكانيكية في الموقع الابتدائي = الطاقة الميكانيكية في الموقع النهائي

$KE_f + PE_f = KE_i + PE_i$

$\frac{1}{2}m V_i^2 + mgh = \frac{1}{2}m V_f^2 + mgh$

$0 + 10\times2 = \frac{1}{2}(1) V_f^2 + 10\times0$

$20 = 0.5 V_f^2$

$V_f^2 = \frac{20}{0.5} = 40 \rightarrow V_f = \sqrt{40}$ m/s

(8) الذي لا يتغير عندما يصطدم جسمان او اكثر هو .

a) الزخم الخطي لكل منهما
b) الطاقة الحركية لكل منهم
C) الزخم الخطي الكلي للاجسام
d) الطاقة الحركية لكل الاجسام

الجواب / هو C) الزخم الخطي الكلي للاجسام (حسب قانون حفظ الزخم)

(9) عندما يصطدم جسمان متساويان بالكتلة فالتغير في الزخم الكلي .

a) يعتمد على سرعتي الجسمين التصادمين
b) يعتمد على الزاوية التي يصطدم بها الجسمان
C) يساوي صفر .
d) يعتمد على الدفع المعطى لكل جسم متصادم .

الجواب / هو C) يساوي صفر . (مجموع الزخوم قبل التصادم = مجموع الزخوم بعد التصادم)

المسائل

س1/ سقط جسم كتلته 2 Kg من ارتفاع قدرة (10m) على ارض رملية واستقر فيها بعد ان قطع 3 cm شاقوليا داخل الرمل مامتوسط القوة التي تؤثر بها الرمل على الجسم؟على فرض اهمال تاثير الهواء

الجواب / من قانون حفظ الطاقة الميكانيكية

$PE_1 + KE_1 = PE_2 + KE_2$
$PE_1 + 0 = 0 + KE_2$
$PE_1 = KE_2$
$Mgh = KE_2$
$2kg \times 10m/s^2 \times 10m = KE_2$
$KE_2 = 200\ J$ الطاقة الحركية للجسم لحظة وصوله سطح الارض

في اثناء انغمار الجسم في الرمل الى عمق 0.03m

الشغل المبذول لايقاف الحجر (F_y) = التغير بالطاقة للحجر (ΔKE)

$\Delta KE = KE_1 - KE_2$
$0 - 200 = F \times 0.03$

$\therefore F_{net} = \frac{-200}{0.03} = -6666.67\ N$ الاشارة السالبة تعني ان القوة تتجه عكس اتجاه حركة الجسم في الرمل

$\therefore \vec{F}_{net} = \vec{F}_{avg} + (-W)$

$6666.67 = \vec{F}_{avg} - (2\times10)$

$\vec{F}_{avg} = 6686.67\ N$ متوسط القوة التي تؤثر فيها الرمل بالجسم (تتجه نحو الاعلى)

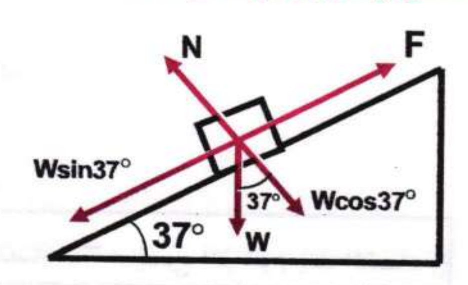
س2/ انزلقت سيارة كتلتها 1250 Kg فوصلت الى حالة السكون بعد ان قطعت مسافة 36m مامقدار قوة الاحتكاك بين اطاراتها المنزلقة الاربعة وسطح الطريق اذا كان معامل الاحتكاك الانزلاقي 0.7 ؟ مامقدار الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك على السيارة

الجواب/

$Fk = \mu kN\ ,\ N = mg$
$N = 1250 \times 10 = 12500\ N$
$f_k = 0.7 \times 12500 = 8750\ N$ قوة الاحتكاك
$W = f_k X\cos180^\circ \rightarrow W = 8750\times36\times(-1)$
$W = -315000\ J$

س3/ دفع صندوق شحن كتلته 80 Kg مسافة 3.5 m الى اعلى سطح مائل (مهمل الاحتكاك) ويميل بزاوية 37° بالنسبة للافق مامقدار الشغل المبذول في دفع الصندوق الشحن ؟ افرض ان صندوق الشحن يدفع بسرعة ثابتة .

الحل/



$W = m\,g$
$W = 80 \times 10 = 800\ N$
القوة الافقية المسببة للشغل هي $W\sin\theta$
$F = 800 \times 0.6 = 480\ N$
$W = FX\cos0^\circ$
$W = 480 \times 3.5 = 1680\ J$

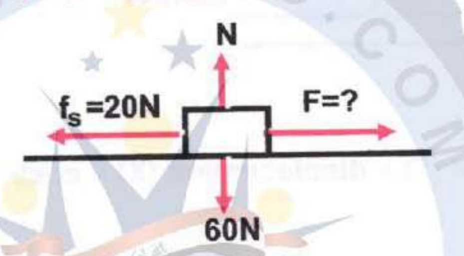
س4/ مامقدار القدرة بالواط اللازمة لدفع عربة تسويق محملة بقوة افقية قدرها 50 N مسافة افقية مقدارها 20 m خلال 5 S .

الحل /

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F.X}{t} = \frac{50\times20}{5} = 200 \text{ Watt}$$

س5/ قوة الاحتكاك مقدارها 20 N تؤثر في صندوق كتلته 6 Kg ينزلق على ارض افقية . مامقدار القدرة اللازمة لسحب الصندوق على الارضية بسرعة ثابتة مقداره 0.6 m/s .

الجواب/



$$P = \frac{W}{t} = \frac{F.X}{t} = F\nu$$

$$P = 20 \times 0.6 = 12 \text{ Watt}$$

س6/ يستطيع جرار شد مقطورته بقوة ثابتة مقدارها 12000N عندما تكون سرعته 2.5m/s ماقيمة قدره الجرار بالواط والقدرة الحصانية تحت هذه الشروط .

الجواب/

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F.X}{t} = F\nu = 12000 \times 2.5 = 30000 \text{ w}$$ القدرة بالواط

$$1\text{hp} = 746 \text{ w}$$

$$P = \frac{30000}{746} = 40.21 \text{ hp}$$ القدرة الحصانية

س7/ بينما كان احد لاعبي كرة القدم كتلته 90Kg يجري بسرعة قدرها 6 m/s قام لاعب من الفريق الآخر بشده من الخلف فتوقف بعد ان قطع مسافة قدرها 1.8 m .

a) مامقدار القوة المتوسطة التي سببت ايقاف اللاعب .

b) ماالزمن الذي استغرقه اللاعب ليتوقف تماماً .

الجواب/

$F = ma \rightarrow F = 90\,a$ -------- (1

لايجاد a $\quad V_f^2 = V_i^2 + 2aX$

$0 = 36 + 2 \times 1.8 \times a = 36 + 3.6\,a$

$-36 = 3.6\,a$

$a = \frac{-36}{3.6} = -10 \text{ m/s}^2$ -------- (2

نعوض (a) في معادلة (1)

$F = 90 \times (-10)$

$F = -900 \text{ N}$ القوة التي سببت ايقاف اللاعب

لايجاد t $\quad V_f = V_i + at$

$0 = 6 + (-10)\,t \rightarrow 10\,t = 6 \rightarrow t = \frac{6}{10} = 0.6 \text{ s}$ الزمن الذي استغرقه اللاعب ليتوقف

طريقة ثانية/

$\Delta P = mV_f - mV_i$

$\Delta P = 0 - 90\times6 \rightarrow \Delta P = -540 \text{ Kg.m/s}$

التغير في الزخم = الدفع

$Ft = \Delta P_i$

$X = \frac{V_f + V_i}{2} \times t$

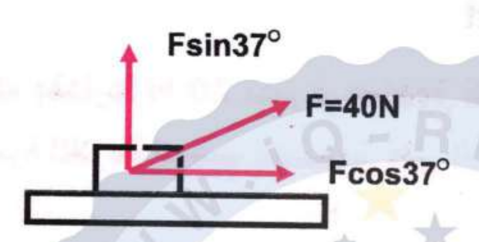
$t = \frac{1.8}{6+0/2} = 0.6 \text{ s}$

$F = \frac{\Delta P}{t} = \frac{-540}{0.6} = -900 \text{ N}$

أسئلة أضافية

س1/ وضع جسم على سطح أفقي خشن، أثرت فيه قوة سحب مقدارها (40N) تميل بزاوي مقدارها (°37) بالنسبة للافق. فتحرك الجسم مسافة افقية مقدارها (12m) بسرعة ثابتة في زمن مقداره (4s) جد:

a) مقدار شغل قوة السحب.
b) قدرة السحب.
(اعتبر ان $\cos 37^\circ = 0.8$)



ج/

a) لدينا العلاقة:

Work done (W) = Force (F) × displacement (X) × cosθ

$\therefore W = Fx\cos\theta$

وبالتعويض في العلاقة السابقة نحصل على:

$\therefore W = 40 \times 12 \times \cos 37^\circ$

$\therefore W = 40 \times 12 \times 0.8$

$\therefore W = 384$ (J) وهو مقدار شغل قوة السحب

b) لدينا العلاقة

$$\text{Power (P)} = \frac{\text{work (W)}}{\text{time (t)}}$$

$$\therefore p = \frac{W}{t}$$

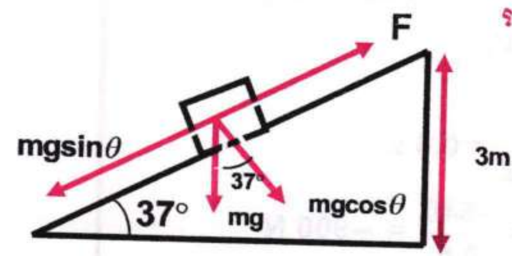
وبالتعويض في العلاقة السابقة نحصل على:

$$p = \frac{384}{4}$$

$\therefore p = 96$ W وهو مقدار قدرة السحب

س2/ يراد سحب صندوق ساكن على شكل متوازي مستطيلات كتلته (10kg) من اسفل سطح مائل يفترض انه مهمل الاحتكاك الى اعلاه فاذا كان طول السطح المائل يساوي (5m) وارتفاعه عن سطح الارض يساوي (3m). فأحسب:

a) مقدار الشغل الذي يجب ن تبذله قوة موازنة للسطح المائل تدفع الصندوق للاعلى بسرعة ثابتة المقدار.
b) في حالة اذا اردنا رفع الصندوق الساكن رأسياً الى أعلى مسافة (3m) عن سطح الارض بسرعة ثابتة المقدار من غير الاستعانة بالسطح المائل فكم سيكون الشغل المبذول في هذه الحالة؟
اعتبر ان التعجيل الارضي يساوي ($10 m/s^2$)



ج/ من الشكل يكن ملاحظة بأن: $F = mg\sin\theta'$

حيث (θ') تمثل زاوية ميل السطح المائل عن سطح الارض.

وبالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$F = 10 \times 10 \times \frac{3}{5}$$

$\therefore F = 60$ N

ولايجاد الشغل (W) لدينا العلاقة الاتية: $W=Fx\cos\theta$

حيث (θ) تمثل الزاوية بين القوة ($\vec{F}$) وطول السطح المائل (x)

وحيث يلاحظ من الشكل بأنهما متوازيان وبنفس الاتجاه وبذلك فأن ($\theta = 0$)

وان ($\cos 0 = 1$)

وبالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على: $W = 60 \times 5 \times 1$

$\therefore W = 300\ (J)$

b) في حالة اذا اردنا رفع الصندوق الساكن رأسياً الى أعلى ففي هذه الحالة فان الشغل الذي بذل على الجسم ضد الجاذبية فأنه يساوي الطاقة الكامنة التثاقلية (طاقة الوضع) اي ان: $W = GPE = mgh$

وبالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على: $W = 10 \times 10 \times 3$

$\therefore W = 300\ (J)$

لاحظ ان نتيجة الفرع (b) هي نفسها نتيجة الفرع (a)

س3/ أثرت قوة افقية مقدارها (30N) في جسم كتلته (5kg) فحركته مسافة أفقية من حالة السكون وبأتجاه تأثير القوة، احسب الشغل المبذول بعد (4s) من بدء تأثير القوة؟

ج/ لدينا العلاقة $F= ma$

وبالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على: $30= 5 \times a$

$$\therefore a = \frac{30}{5} = 6\ (m/s^2)$$

ولايجاد المسافة الافقية (Δx) نستعمل العلاقة:

$$\Delta x = v_i\Delta t + \frac{1}{2}a\,(\Delta t)^2$$

حيث ان ($v_i = 0$) لان الجسم تحرك من السكون وبالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$\Delta x = 0 \times 4 + \frac{1}{2} \times 6 \times (4)^2$$

$$\therefore \Delta x = \frac{1}{2} \times 6 \times 16$$

$$\therefore \Delta x = 48\ (m)$$

ولايجاد الشغل نستعمل العلاقة: $W= Fx\cos\theta$

وبما ان المسافة الافقية هي باتجاه تأثير القوة الافقية اي ان الزاوية ($\theta=0$) و ($\cos 0 =1$) وبالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$W = 30 \times 48 \times 1$$

$\therefore W = 144\ (J)$ وهو الشغل المبذول.

س4/ جسم كتلته (1kg) يتحرك لاعلى بسرعة مقدارها (1m/s) عندما كان على ارتفاع (3m) عن سطح الارض. فكم كانت سرعة هذا الجسم عندما كان على ارتفاع (2m) عن سطح الارض؟ اعتبر ان الجسم واقع تحت تأثير مجال الجاذبية الارضية فقط وان التعجيل الارضي يساوي ($10\ m/s^2$)

ج/ نختار مستوى أفقياً نفترض عنده الطاقة الكامنة في مجال الجاذبية تساوي صفراً وليكن مستوى سطح الارض ولحساب السرعة عند النقطة (a). نطبق قانون حفظ الطاقة الميكانيكية بين الموقعين (a) و (b).

$$(KE_f)_b + (PE_f)_b = (KE_i)_a + (PE_i)_a$$

$$\therefore \frac{1}{2}mv_b^2 + (mgh)_b = \frac{1}{2}mv_a^2 + (mgh)_a$$

b

a

2m

3m

مستوى سطح الارض

بالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$\frac{1}{2} \times 1 \times (1)^2 + 1 \times 10 \times 3 = \frac{1}{2} \times 1 \times v_a^2 + 1 \times 10 \times 2$$

$$\therefore \frac{1}{2} + 30 = \frac{v_a^2}{2} + 20$$

وبضرب طرفي المعادلة (×2) نحصل على:

$$1 + 60 = v_a^2 + 40$$

$$\therefore mv_a^2 = 21$$

وبجذر طرفي المعادلة ينتج:

$$\therefore v_a = 4.583\ (m/s)$$

وهي سرعة الجسم عندما كان على ارتفاع (2m) عن سطح الارض.

س5/ تتحرك كرة كتلتها (100g) أفقيا باتجاه جدار عمودي فوصلته بسرعة (30m/s) واصطدمت به ثم ارتدت عنه بسرعة (10m/s) احسب:

a) التغير في زخم الكرة.

b) مقدار دفع القوة المؤثرة.

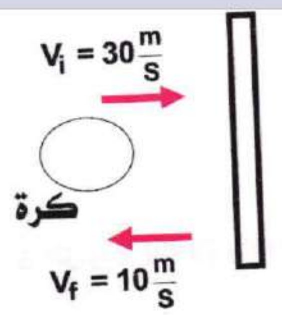
ج/ a) لدينا العلاقة

Change in momentum $(\Delta\vec{p})$ = final momentum $(\vec{P}_f)$ - initial momentum $(\vec{P}_i)$

$$\therefore \Delta\vec{p} = \vec{P}_f - \vec{P}_i$$

$$\therefore \Delta\vec{p} = mv_f - mv_i$$

$$\therefore \Delta P = m(v_f - v_i)$$



و بالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$\Delta P = 100 \times 10^{-3}\ [10\ (-30)]$$

$$\therefore \Delta P = 100 \times 10^{-3}\ (10 + 30)$$

$$\therefore \Delta P = 100 \times 10^{-3} \times 40$$

$$\therefore \Delta P = 4\left(kg.\frac{m}{s}\right)$$ وهو التغير في زخم الكرة

b) لدينا العلاقة:

التغير في الزخم = الدفع

Impulse $(\vec{F}t)$ = change in momentum $(\Delta\vec{p})$

$\therefore$ Impulse $(\vec{F}t)$ = الدفع = 4 (N.s)

وهو مقدار دفع القوة المؤثرة $N.s = kg.\frac{m}{s^2}.s = kg.\frac{m}{s}$

الفصل السادس

الحركة الدائرية والدورانية

Circular and Rotational Motion

الحركة الدائرية

الجسم الجاسئ / هو جسم غير قابل للتشوه والتشكيل بتأثير القوى والعزوم الخارجية.

الحركة / هي تغير مستمر في موضع الجسم بالنسبة الى جسم اخر نفترضه ثابتاً .

انواع الحركة /

(1) حركة انتقالية < حركة خطية / حركة دائرية

(2) حركة دورانية

(3) الحركة الدورية (سيتم دراستهُ في الفصل القادم)

س/ جسم يتحرك بسرعة (v) على خط مستقيم باتجاه الموجب لمحور x أثرت عليه قوة أفقية (F) باتجاه سرعة الجسم ماذا يحصل لمقدار السرعة وما نوع التعجيل؟

ج / ستزداد مقدار السرعة الخطية (V) للجسم حيث ان $\Delta v = v_f - v_i > 0$ بسبب أكتساب الجسم تعجيلاً خطيا تسارعيا.

س/ جسم يتحرك بسرعة (v) على خط مستقيم باتجاه الموجب لمحور x أثرت عليه قوة مضادة للحركة عكس اتجاه السرعة للجسم، ماذا يحصل لمقدار السرعة وما نوع التعجيل؟

ج / ستقل مقدار السرعة الخطية v للجسم حيث $\Delta v = v_f - v_i < 0$ بسبب أكتساب الجسم تعجيلا خطيا تباطئيا.

س/ جسم يتحرك بسرعة (v) على خط مستقيم باتجاه الموجب للمحور x أثرت عليه قوة عمودية على متجه السرعة للجسم ماذا يحصل لمقدار السرعة وما نوع التعجيل؟

ج / سيتغير اتجاه سرعة الجسم ويتحرك بمسار دائري حول نقطة محور دوران بسبب أكتساب الجسم تعجيلاً مركزيا.

* تسمى القوة التي تجعل الجسم يتحرك على مسار دائري بالقوة المركزية (F_c) .

أمثلة على الحركة الدائرية:

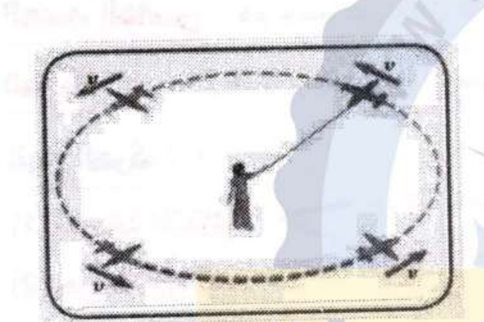
- حركة فوهة إطار الهواء في عجلة الدراجة.
- حركة الشخص الجالس في دولاب الهواء الذي يدور بمستوى شاقولي.
- انعطاف السيارة على طريق منعطف أفقي.
- حركة الاليكترون حول النواة الذرة.
- حركة الأرض حول الشمس.

الحركة الدائرية /

هي حركة جسم على مسار دائري بنصف قطر ثابت حول محور دوران ثابت وتقسم الى قسمين .

(1) حركة دائرية منتظمة .

(2) حركة دائرية غير منتظمة .



(1) الحركة الدائرية المنتظمة :

هي حركة الجسيم على مسار دائري بانطلاق ثابت (مقدار السرعة ثابت واتجاه غير ثابت) مثل حركة طائرة بمستوى افقي على مسار دائري كما في الشكل المجاور او حركة الالكترون حول نواة الذرة او حركة الكواكب حول الشمس .

س/ ما هي خواص الحركة الدائرية المنتظمة

ج/ (1) انطلاق الجسم الثابت (مقدار سرعة ثابتة).

(2) اتجاه الجسم متغير باستمرار (اتجاه سرعة الجسم متغيرة)



(2) الحركة الدائرية غير المنتظمة :

هي حركة الجسيم على مسار دائري بنصف قطر ثابت وبانطلاق غير ثابت (غير منتظم) واتجاه غير ثابت (الجسيم يدخل مابين طاقة حركية وطاقة كامنة متغيرة باستمرار اثناء دورانه لذلك يكون الانطلاق غير ثابت).



مثال ذلك / (1) حركة اطار الدراجة الهوائية في العجلة التي تدور.

(2) حركة شخص جالس في دولاب هواء يدور بمستوى شاقولي .

س/ ماهي خواص الحركة الدائرية غير منتظمة .

ج / (1) انطلاق الجسم متغيرة (مقدار سرعته متغيرة) .

(2) اتجاه الجسم متغير باستمرار (اتجاه سرعته متغير باستمرار) .

س/ ماهو اتجاه الجسم المتحرك حركة دائرية في اي لحظة .

ج/ باتجاه المماس لمساره الدائري في النقطة التي كان فيها الجسم في تلك اللحظة .

الازاحة الزاوية والسرعة الزاوية : Angular displacement and Angular velocity:

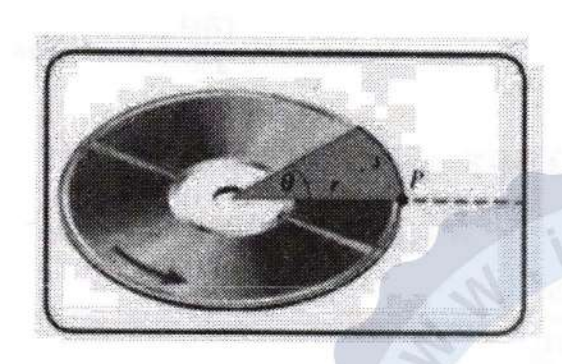
لنتعرف اولاً على انظمة قياس الزوايا حيث هناك ثلاثة انظمة تحسب لقياس الزاوية .

يتم وصف الحركة الدائرية بدلالة زاوية دوران الجسيم (الازاحة الزاوية) وهذا يعني كل نقطة من نقاط الجسم الجاسئ الذي يدور حول محور ثابت (باستثناء النقاط الواقعة على محور الدوران) تدور بالزوايا نفسها وللمدة الزمنية نفسها.

* لقد مر عليك عزيزي الطالب الكميات المهمة في الحركة الخطية (الازاحة الخطية Δx والسرعة الخطية $(\overline{V})$ والتعجيل الخطي $(\vec{a})$ تناظرها في الحركة الزاوية (الازاحة الزاوية $\overline{\Delta Q}$ ، السرعة الزاوية $(\overline{W})$ والتعجيل الزاوي $(\vec{\alpha})$).

الزاوية نصف القطرية :

هي الزاوية المركزية في الدائرة والتي تقابل قوس على محيطها طوله يساوي نصف قطرها



الزاوية الدائرية = 360 = دورة = $\frac{\text{المحيط}}{\text{نق}}$ = 2π rad

الازاحة الزاوية (θ) = $\frac{\text{طول القوس (S)}}{\text{نصف القطر (r)}}$ ← $\theta = \frac{S}{r}$

وعندما تكون S دورة كاملة فهو يساوي محيط الدائرة $2\pi r$ حيث الازاحة الزاوية تكون .

$$\theta = \frac{S}{r} = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi \text{ rad}$$

(rad) تعني نصف قطرية



العلاقة بين الانطلاق الخطي والانطلاق الزاوي :

الانطلاق الخطي المتوسط هو المعدل الزمني للتغير في المسافة الخطية .

$$V_{avg} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow \Delta s = r\Delta\theta$$

$$V_{avg} = r\left|\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right|$$

اما الانطلاق الزاوي المتوسط فهو المعدل الزمني للتغير في مقدار الازاحة الزاوية .

$$\omega_{avg} = \left|\frac{\Delta\theta}{\Delta t}\right|$$

$$V_{avg} = r \times \omega_{avg}$$

$$V = r \times \omega$$

اي : الانطلاق الخطي للجسيم = بعد الجسم عن مركز الدوران × الانطلاق الزاوي للجسيم .

عندما يدور الجسم دورة كاملة فأن الانطلاق الخطي يساوي محيط الدائرة مقسوماً على الدورة الواحد T

فيكون $V = \frac{2\pi r}{T} \rightarrow r \times \omega = \frac{2\pi r}{T}$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

بما ان التردد f يساوي $\frac{1}{T}$

$$\therefore \omega = 2\pi f$$

ملاحظة /

(1) السرعة الزاوية ω مقدرة rev/s $\left(\frac{\text{دورة}}{\text{ثانية}}\right)$ وتسمى بتردد الدوران f وان rev/s تعني H_Z هيرتز وهي وحده التردد.

(2) السرعة الزاوية ω اذا كانت مقدرة rad/s فتسمى بالتردد الزاوي ω .

(3) التردد الزاوي (ω) بوحدة rev/s يساوي تردد الدوران f بالمقدار ولكن يختلف عنه بوحده القياس .

مثال/ قرص يدور بسرعة زواية (5400 rpm) أحسب .

a) التردد الزاوي وزمن الدورة الواحدة للقرص .

b) اذا كان نصف قطر القرص (28 cm) فما هو الانطلاق الخطي لجسيم يقع على محيط القرص .

الحل / rpm تعني revoltion perminute اي دورة / دقيقة (rev/mi).

a) $\omega = \frac{5400 rev}{minute} \times \frac{1}{60 sec} = 90 \frac{rev}{s} = 90\ H_Z$

$f = \frac{1}{T} \quad 90 = \frac{1}{T} \rightarrow T = \frac{1}{90} s$ زمن الدورة الواحدة

ملاحظة/ $f = \omega$

* تحويلات مهمة للازاحة الزاوية Q

(نصف قطرية) ($rad = 2\pi \times$ دورة) rev

دورة $rev = \frac{rad}{2\pi}$ نصف قطرية

b) لحساب الانطلاق الخطي للجسيم عند الحافة

لدينا الانطلاق الزاوي ω هو $\omega = 2\pi f$

$\omega = 2\pi \times 90 = 180\pi$ rad/s

$V = \omega r$

مقدار الانطلاق $V = 180 \times \frac{22}{7} \times 0.28 = 180 \times 0.88 = 158.4$ m/s

* تحويلات مهمة للسرعة الزاوية w

$$\frac{rev}{min} \times \frac{2\pi}{60} = \frac{rad}{sec}$$

$$\frac{rev}{sec} \times 2\pi = \frac{rad}{sec}$$

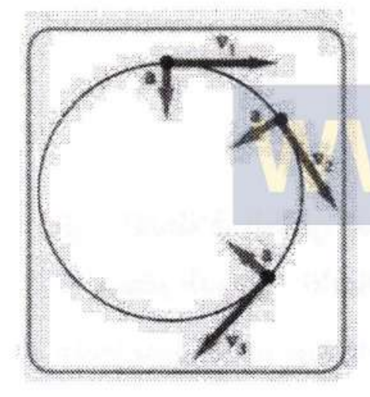
مثال/ بكرة نصف قطرها (2 cm) ملفوف حولها خيط طوله 60 cm سحب الخيط بقوة افقية فدار البكرة حول محورها أحسب عدد الدورات البكرة حول محورها

الحل /

$$Q = \frac{s}{r} = \frac{60}{2} = 30\, rad$$

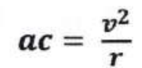
$$Q = \frac{30}{2\pi} = \frac{15}{\pi} = 4.77\, rev \quad \text{دورة}$$

التعجيل المركزي والقوة المركزية :





التعجيل المركزي (ac) هو التعجيل الذي يمتلكه الجسم المتحرك حركة دائرية بسبب تغير اتجاه السرعة وليس مقدارها وهذا التغير في الاتجاه نحو مركز المسار الدائري للجسيم لذلك يسمى بالتعجيل المركزي (a_c) ويحسب من القانون التالي .



$$ac = \frac{v^2}{r}$$

ملاحظة/ اتجاه التعجيل نحو مركز المسار الدائري $ac = \frac{v}{t} = \frac{v}{1/f} = vf = vw = v\frac{v}{r} = \frac{v^2}{r}$



القوة المركزية : (F_c)

هي القوة التي تؤثر على الجسم المتحرك وتسبب التعجيل المركزي فتجعله يتحرك حركة دائرية وهي تؤثر على الجسم باتجاه مركز مساره الدائري لذلك تسمى بالقوة المركزية

س/ ماهو الشرط الواجب توفره لجعل الجسم يتحرك حركة دائرية .

ج / وجود القوة المركزية .

اشتقاق قانون القوة المركزية :

من قانون نيوتن الثاني

$F = ma$

$F = F_c \ , a = a_c$

$F_c = ma_c$

$F_c = m \dfrac{v^2}{r}$ (القوة الماسية بدلالة السرعة الماسية)

$F_c = m \dfrac{(r\omega)^2}{r}$

$F_c = m\, r\, \omega^2$ (القوة المركزية بدلالة السرعة الزاوية)

س/ ماهي العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة المركزية .

ج / من خلال العلاقة التالية $F_c = m \dfrac{v^2}{r}$

(1) كتلة الجسم ويتناسب معها طردياً.

(2) سرعة الجسم ويتناسب معها طردياً.

(3) نصف قطر المسار الدائري للجسم ويتناسب معها عكسياً.

س/ ماهي العلاقة بين .

(1) اتجاه سرعة الجسم المتحرك حركة دائرية واتجاه القوة المركزية .

ج / عموديان على بعضهما (متعامدان) .

(2) اتجاه سرعة الجسم المتحرك حركة دائرية واتجاه التعجيل المركزي .

ج / عموديان على بعضهما (متعامدان) .

(3) اتجاه القوة المركزية واتجاه التعجيل المركزي للجسم المتحرك حركة دائرية .

ج / بنفس الاتجاه (اتجاه واحد نحو المركز) .

س/ هل ان الجسم المتحرك حركة دائرية منتظمة متزن ام غير متزن .

ج / غير متزن لانه يمتلك تعجيلاً هو التعجيل المركزي ناتج من تأثير القوة المركزية (لأن محصلة القوى الخارجية لاتساوي صفر) .

س/ هل ان القوة المركزية تنجز شغلا على الجسم المتحرك حركة دائرية ؟ وضح ذلك .

ج / كلا لاتنجز شغلاً لانها متعامدة مع اتجاه حركة الجسم .

حيث

$W = F\, X \cos\theta$

$W = F\, X \cos 90 \rightarrow W = 0$

$\cos 90 = 0$

س/ علل مايلي :

(1) دوران الالكترون حول النواة .

ج / لأن القوة المركزية التي تسبب حركته الدائرية هي قوة التجاذب الكهربائي بين النواة الموجبة والالكترون السالب .

(2) دوران القمر حول الارض .

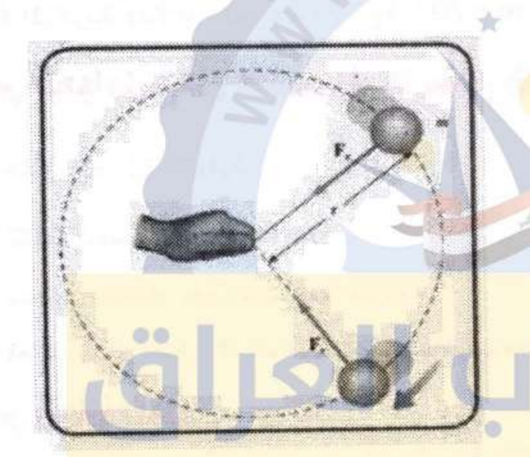
ج / لأن القوة المركزية التي تسبب دورانه هي قوة التجاذب بين الارض والقمر التي تجعله يستمر بالدوران حولها.

زوال القوة المركزية :

ان القوة المركزية هي التي تولد الحركة الدائرية المنتظمة وهي التي تغير في سرعته المماسية الانية .

س/ ماذا يحصل اذا توقفت القوة المركزية عن التاثير على الجسم المتحرك حركة دائرية في اي لحظة و ما هو اتجاه الجسم ؟ وضح ذلك .

ج / ان زوال القوة المركزية يعني توقفها عن التاثير لذا سينطلق الجسم بخط مستقيم باتجاه المماس لمساره الدائري من تلك النقطة وبالانطلاق الذي يمتلكه الجسم في تلك اللحظة وعندئذ يخضع الجسم لقانون نيوتن الاول .





س/ هل جميع الاجسام التي تتحرك حركة دائرية لها نفس القوة المركزية؟

ج / كلا حيث ان لكل حركة دائرية مسبب رئيسي لتوليد القوة المركزية مثل:

- قوة الاحتكاك الشروعي بين اطارات السيارة وارضية المنعطف هي القوة المركزية لابقاء السيارة في مسارها الدائري.
- قوة الجذب بين الارض والقمر هي القوة المركزية اللازمة لابقاء القمر في مساره الدائري.
- قوة التجاذب الكهربائي بين النواة والالكترون هي القوة المركزية اللازمة لابقاء الالكترون في مساره الدائري.
- قوة شد الخيط لجسم مربوط بطرفها ويتحرك حركة دائرية.

علل مايلي /

(1) تفلت قطرات الماء عن الملابس في الحوض النشاف في الغسالة عندما تدور بسرعة .

ج / لأن قوة التلاصق بين قطرات الماء مع الملابس اقل من القوة المركزية اللازمة لتدوير الملابس بمسار دائري لذا تنطلق باتجاه المماس وتخضع لقانون نيوتن الاول.

(2) عند شحذ سكين بالمشحذ الدائري تتطاير شظايا الحديد الملتهبة باتجاه المماس .

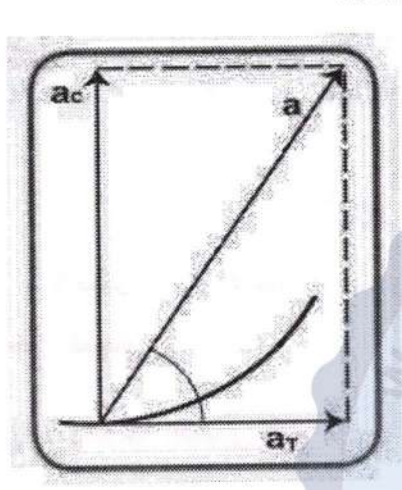
ج / بسبب انعدام القوة المركزية اللازمة لابقائها على مسارها الدائري لذا تنطلق بأتجاه المماس وتخضع لقانون نيوتن الاول.

(3) تنفصل كتل الطين العالقة بأطارات السيارة عندما تزداد سرعتها؟ وبأي اتجاه تنطلق؟

ج / لان قوة تلاصق الطين بالاطار تصبح أقل من القوة المركزية اللازمة لابقائها على مسارها الدائري لذا تنفصل كتل الطين وتنطلق بأتجاه مماس للأطار.

الحركة الدائرية غير المنتظمة /

درسنا في الحركة الدائرية المنتظمة ان الجسم الذي يتحرك حركة دائرية بانطلاق ثابت تكون حركته الدائرية منتظمة . اما اذا كانت حركته بانطلاق غير منتظم تكون حركته الدائرية غير منتظمة



في الحركة الدائرية المنتظمة يكون التعجيل المركزي عمودياً على متجه السرعة المماسية الآنية . اما في الحركة الدائرية الغير منتظمة فأن التعجيل المركزي ليس عمودياً على متجه السرعة المماسية الآنية وبالتالي فأن التعجيل لايتجه نحو مركز الدائرة وهنا يتحلل التعجيل الى مركبتين احدهما عمودية على متجه السرعة المماسية الانية يسمى بالتعجيل المركزي (a_c) والناتج من حدوث تغير في اتجاه سرعة الجسم المماسية الآنية والمركبة الثانية افقيه موازية لمتجه السرعة المماسية الآنية يسمى بالتعجيل المماسي (a_r) والناتج من تغير مقدار سرعة الجسم

ان متجه a_c عمودي على متجه a_r ومحصلتهما نجدها من علاقة فيثاغورس

وهذا مقدار المحصلة a
$$a = \sqrt{a_c^2 + a_r^2}$$

اما الاتجاه فنجده من
$$\tan\theta = \frac{a_c}{a_r}$$
$$\theta = \tan^{-1}\frac{a_c}{a_r}$$

حركة المركبات على المنعطفات الافقية :



ان القوة المركزية التي تسبب حركة المركبات على المنعطفات الافقية هي قوة الاحتكاك الشروعي f_s بين عجلاتها والطريق المنعطف .

$$f_s = F_c$$
$$f_s = \frac{mV^2}{r}$$

قوة الاحتكاك f_s يجب ان لاتزيد عن $\mu_s N$ حيث μ_s معامل الاحتكاك الشروعي $f_s \le \mu_s N$

N رد فعل الطريق المنعطف الافقي وتكون عمودية على المركبة وتساوي وزن السيارة $w = mg$

$$\frac{mV^2}{r} \le \mu_s N \rightarrow \frac{mV^2}{r} \le \mu_s mg$$

$$\frac{V^2}{r} \le \mu_s g \rightarrow a_c \le \mu_s g$$

وهذا يعني ان التعجيل المركزي a_c لايمكن ان يزيد على $\mu_s g$

وتكون سرعة الامان القصوى دون ان تجنح عن الطريق $\vec{v} = \sqrt{\mu_s g r}$

من المعادلة اعلاه نلاحظ انه لاوجود لكتلة وهذا يعني ان السيارة والشاحنة والدراجة يمكن كلاً منهما ان تسير بنفس الانطلاق على المنعطف نفسه وبامان .

مثال / مركبة تسير بانطلاق $108 \frac{km}{h}$ امامها منعطف أفقي نصف قطره 80m فأذا كان معامل الاحتكاك الشروعي بين الاطارات والطريق 0.5 هل بأمكان المركبة اجتياز هذا المنعطف بهذا الانطلاق؟

الحل/ $V = 108 \frac{km}{h} = 108 \times \frac{1000}{36000} = 30 \frac{m}{s}$

$$V^2 \leq \mu srg \rightarrow V^2 \leq 0.5 \times 80 \times 10$$

$$V^2 \leq 400 \rightarrow V \leq 20 \frac{m}{s}$$

∴ لا يمكن لسائق السيارة ان يتحرك بسرعة 30 m/s لذا يتطلب التقليل من سرعته بحيث لا تزيد عن $20 \frac{m}{s}$

علل مايلي /

(1) ينزلق الصبي الجالس على منضدة افقية واسعة ملساء اثناء دوران المنضدة .

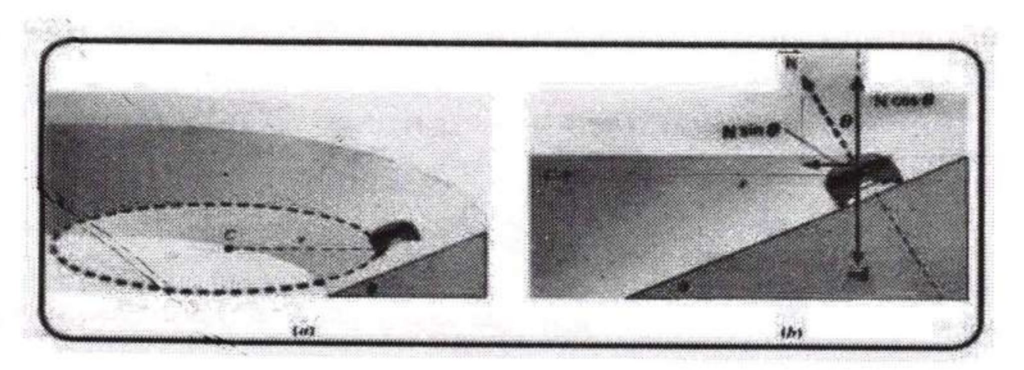
ج / لأن قوة الاحتكاك بينه وبين سطح المنضدة اقل من القوة المركزية اللازمة لابقائه على المسار الدائري .

(2) يعمل سائق المركبة على تقليل مقدار سرعة مركبته عند وصولها لمنعطف أفقي في يوم ممطر، مقارنة مع مقدارها في يوم صحو وفي المنعطف ذاته.

ج / لان معامل الاحتكاك بين الاطارات السيارة والطريق يقل في يوم ممطر وبذلك تقل مقدار السرعة الامان القصوى اللازمة لابقاء السيارة عى مسارها الدائري وفق العلاقة $V \leq \sqrt{Msrg}$

حركة المركبات على المنعطفات المائلة /

تنشأ الطرق المائلة عند المنعطفات (بحيث يكون ارتفاع الحافة الخارجية للطريق اكبر من ارتفاع حافتها الداخلية) لتوليد القوة المركزية (F_c) المناسبة للاستدارة ولحساب زاوية ميل المنعطف عن الافق نحلل قوة رد الفعل للطريق (N) الى مركبتين الاول افقية $N \sin \theta$ تعمل على تغير اتجاه السرعة الماسية الانية وتعتبر هي القوة المركزية المناسبة للاستدارة وتتجه نحو مركز الدائرة . بينما المركبة الشاقولية فهي $N \cos \theta$ والتي تعادل وزن السيارة .



$N \sin \theta = f_c$ .... 1)

$N \cos \theta = W$ .... 2) بقسمة المعادلة (1) على (2)

$$\frac{N\sin\theta}{N\cos\theta} = \frac{mV^2/r}{mg}$$

$$\tan\theta = \frac{V^2}{rg} \rightarrow \theta = \tan^{-1}\frac{V^2}{rg}$$

علل / **يتوجب على راكب الدراجة ان يزيد من زاوية ميله عن الشاقول عند حركته على منعطف افقي معين بأنطلاق اكبر.**

ج / لزيادة القوة المركزية (المركبة الافقية لرد فعل الطريق العمودي على الدراجة) وجعلها مناسبة لابقاء الدراجية في المسار الدائري وبأنطلاق أكبر. $V = \sqrt{\tan\theta gr}$

علل / **تميل الطائرة عن الوضع الافقي عند أستدارتها اثناء الطيران وكذلك الطير الى الجهة التي سيتدير نحوها.**

ج / للحصول على قوة مركزية الناتجة من محصلة وزن الطائرة ((الطير)) وقوة دفع الهواء لتساعده على الاستدارة اثناء الطيران $V = \sqrt{\tan\theta gr}$

ملاحظة /

(1) المعادلة اعلاه تثبت ان θ زاوية ميل الطريق عن الافق لاتعتمد على كتلة السيارة التي تدور حول المنعطف .

(2) الزاوية θ تؤخذ دائماً مع الشاقول عند التحليل (بنفس طريقة الاجسام الموضوع على سطح مائل).

(3) أن $\tan\theta = \mu_s$ لأن $V = \sqrt{\mu_s gr}$

مثال/ **سكة قطار دائرية نصف قطر مدار استدارتها 120m وعرض السكة 1.5m وفرق الارتفاع بين السكة من حافتها الخارجية الى حافتها الداخلية 0.9m ما اقصى انطلاق يستطيع القطار ان يمر به على تلك السكة بأمان .**

الحل/

$\sin\theta = \frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{0.9}{1.5} = \frac{3}{5} \rightarrow \theta = 37^\circ$ زاوية ميل السكة عن الافق

$\tan 37^\circ = \frac{3}{4}$

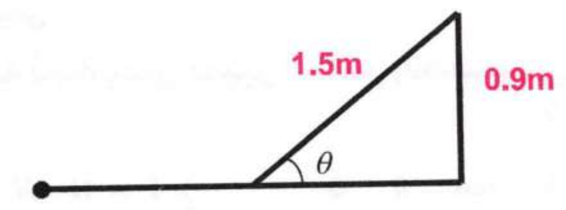
$\tan\theta = \frac{V^2}{rg}$

$\frac{3}{4} = \frac{V^2}{120 \times 10}$

$V^2 = \frac{1200 \times 3}{4}$

$V^2 = 900$

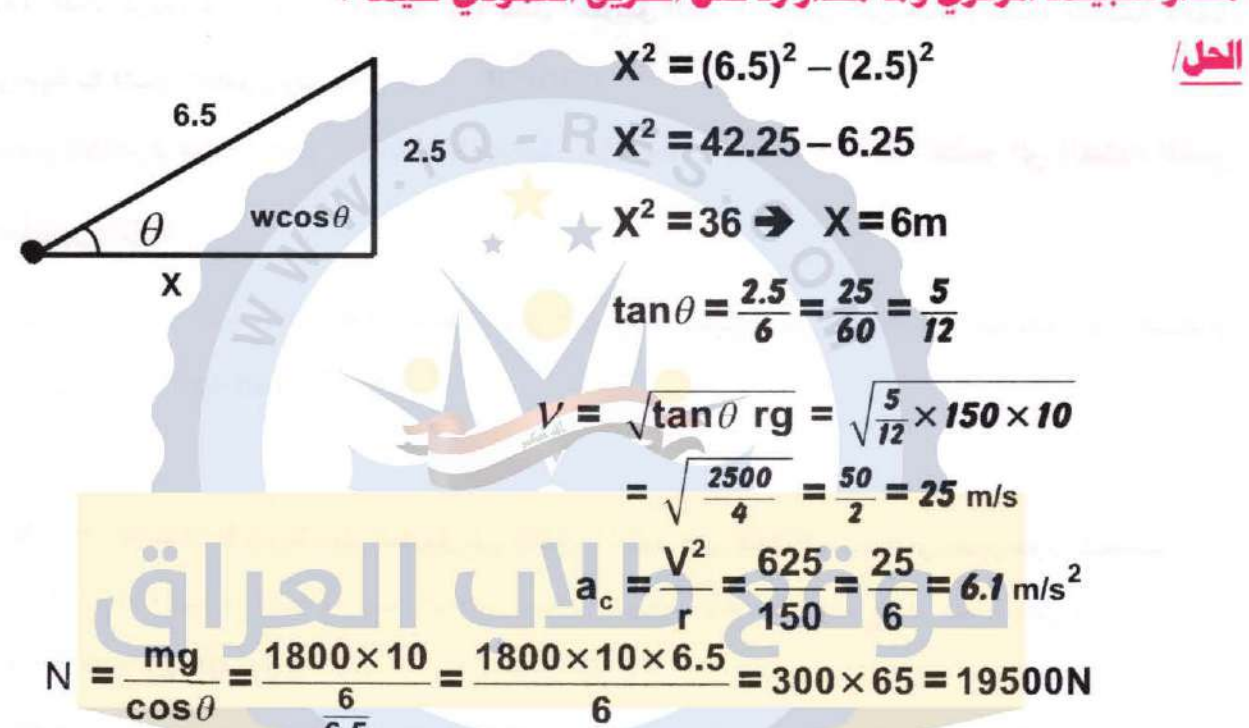
$V = 30\ m/s$ وهو اقصى انطلاق



$\mu_s = \tan\theta = \frac{3}{4} = 0.75$

مثال/ ما أكبر انطلاق لسيارة تجتاز منعطف مقوس مائل نصف قطر تقوس الافقي 150m اذا كان عرض الطريق 6.5m وأرتفاع حافته الخارجية عن الداخلية 2.5m وكتلة السيارة 1800kg فما مقدار تعجيلها المركزي وما مقدار رد فعل الطريق العمودي عليها ؟

الحل/



$$X^2 = (6.5)^2 - (2.5)^2$$

$$X^2 = 42.25 - 6.25$$

$$X^2 = 36 \Rightarrow X = 6m$$

$$\tan\theta = \frac{2.5}{6} = \frac{25}{60} = \frac{5}{12}$$

$$V = \sqrt{\tan\theta\ rg} = \sqrt{\frac{5}{12} \times 150 \times 10}$$

$$= \sqrt{\frac{2500}{4}} = \frac{50}{2} = 25 \text{ m/s}$$

$$a_c = \frac{V^2}{r} = \frac{625}{150} = \frac{25}{6} = 6.1 \text{ m/s}^2$$

$$N = \frac{mg}{\cos\theta} = \frac{1800 \times 10}{\frac{6}{6.5}} = \frac{1800 \times 10 \times 6.5}{6} = 300 \times 65 = 19500N$$

الوزن الحقيقي والوزن الظاهري :

ان الوزن الحقيقي W_{real} للجسم هو قوة جذب الارض للجسم الذي كتلته m وان الة قياس الوزن هو القبان الحلزوني ومقدار الوزن هو استطالة نابض القبان حيث التعجيل الارضي $g = 9.8\ N/Kg$

اما الوزن الظاهري $\vec{W}_{app}$ او مايسمى بالوزن المؤثر لجسم فهو القوة التي يسلطها ساند الجسم للجسم . لو ان شخص كتلته m واقف على ميزان لقياس وزنه في مصعد . أن القوة المؤثرة على الشخص هي اثنتين .

الاولى : قوة الجاذبية (mg) واتجاهها نحو الاسفل .

الثانية : رد الفعل (N) (ارضية المصعد الساند للجسم) واتجاهها نحو الاعلى .

وهناك اربعة حالات لقياس الوزن الظاهري والوزن الحقيقي .

الحالة الاولى : المصعد ساكن او صاعد او نازل وبسرعة ثابتة يكون تعجيل الشخص والمصعد يساوي صفر .
$a = 0$

$$\therefore \Sigma\vec{F} = ma = 0 \Rightarrow \qquad \sum\vec{F} = \vec{N} - \vec{W}$$

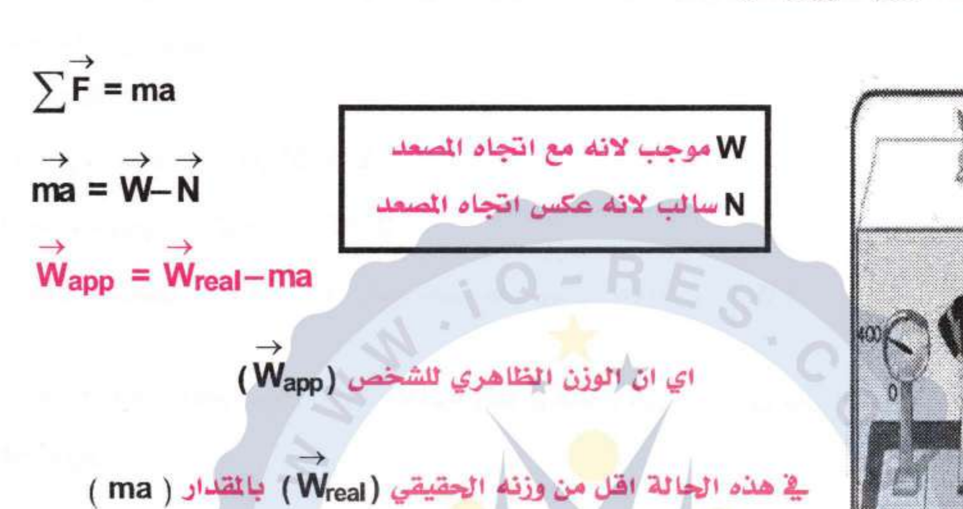
$$m\vec{a} = \vec{N} - \vec{W}$$

$$0 = \vec{N} - \vec{W} \qquad \text{لان } a = 0$$

$$\boxed{\vec{W}_{app} = \vec{W}_{real}}$$

اي الوزن الظاهري (N)($\vec{W}_{app}$)(قراءة القبان) = الوزن الحقيقي للشخص W_{real}

الحالة الثانية : المصعد نازل بتعجيل ثابت a .



$\sum \vec{F} = ma$

$\vec{ma} = \vec{W} - \vec{N}$

$\vec{W}_{app} = \vec{W}_{real} - ma$

W موجب لانه مع اتجاه المصعد
N سالب لانه عكس اتجاه المصعد

اي ان الوزن الظاهري للشخص ($\vec{W}_{app}$)

في هذه الحالة اقل من وزنه الحقيقي ($\vec{W}_{real}$) بالمقدار (ma)

الحالة الثالثة : المصعد صاعد بتعجيل ثابت (a)



$\sum \vec{F} = ma$

$\vec{ma} = \vec{N} - \vec{W}$

$\vec{W}_{app} = \vec{W}_{real} + ma$

W سالب لانه عكس اتجاه المصعد
N موجب لانه مع اتجاه المصعد

اي ان الوزن الظاهري للشخص ($\vec{W}_{app}$) في هذه الحالة

اكبر من وزنه الحقيقي ($\vec{W}_{real}$) بالمقدار ma

الحالة الرابعة : اذا كان المصعد ساقطاً سقوط حر (عندما ينقطع سلك المصعد) فأن التعجيل الخطي a يساوي التعجيل الارضي g ويكون صافي القوة .

$\sum \vec{F} = \vec{ma} \quad \rightarrow \quad \sum \vec{F} = \vec{mg}$

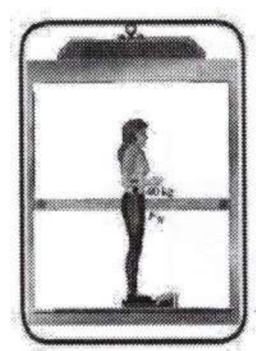
$\vec{W}_{real} - \vec{N} = \vec{mg} \quad \rightarrow \quad \vec{N} = \vec{W}_{real} - \vec{mg}$

$\vec{W}_{app} = \vec{mg} - \vec{mg}$

$\vec{W}_{app} = 0$ وهذه العلاقة تبين انعدام الوزن الظاهري للجسم في حالة السقوط الحر

مثال / يقف شخص كتلته (60Kg) على ميزان (لقياس الوزن) مامقدار قراءة الميزان (الوزن الظاهري)

عندما يكون المصعد



a) يتحرك شاقولياً بسرعة ثابته .

b) نازل شاقولياً بتعجيل $2\ m/S^2$

c) صاعد شاقولياً بتعجيل $2\ m/S^2$

على افتراض ان التعجيل الارضي للسقوط الحر ($g = 10\ m/s^2$)

الحل / نرسم المخطط الحر لبيان القوى المؤثرة ونطبق قانون نيوتن الثاني على المحور y

a) الحالة الاولى :

حيث يتحرك المصعد شاقولياً الى الاعلى بسرعة ثابتة حيث $a = 0$.

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} = 0$$

$$\vec{N} - \vec{W} = 0$$

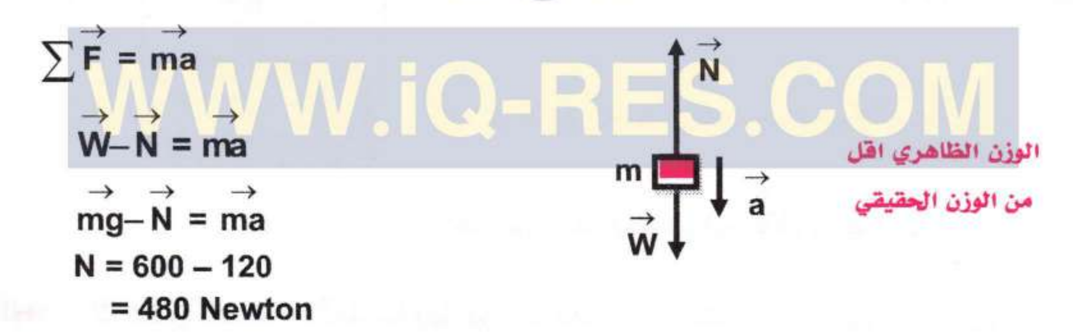
$$\vec{N} - m\vec{g} = 0$$

$$N = mg = 60 \times 10 = 600\ N$$

يتحرك بسرعة ثابتة نحو الاعلى

b) الحالة الثانية :

المصعد ينزل بتعجيل $2m/s^2$



$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{W} - \vec{N} = m\vec{a}$$

$$m\vec{g} - \vec{N} = m\vec{a}$$

$$N = 600 - 120$$

$$= 480\ Newton$$

الوزن الظاهري اقل من الوزن الحقيقي

c) الحالة الثالثة :

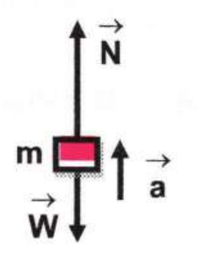
المصعد يصعد شاقولياً بتعجيل $2m/s^2$

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{N} - m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$N - 60 \times 10 = 60 \times 2$$

$$N = 720\ Newton$$



الوزن الظاهري اكبر من الوزن الحقيقي

اسئلة الفصل السادس (الحركة الدائرية)

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الاتية :

(1) جسم يتحرك على مسار دائري بانطلاق ثابت يكون اتجاه تعجيله .

a) باتجاه الحركة
b) باتجاه مركز الدوران
c) بعيداً عن مركز الدائرة
d) اي واحد مما ذكر يعتمد على موضع الجسم

الجواب / هو b) باتجاه مركز الدوران

(2) سيارة تتحرك على مسار دائري على طريق افقية فأن القوة المركزية المؤثرة في السيارة .

a) القصور الذاتي b) الجاذبية الارضية
c) قوة الاحتكاك الشروعي بين اطارات السيارة والطريق .
d) رد فعل الطريق العمودي على السيارة .

الجواب / هو c) قوة الاحتكاك الشروعي بين اطارات السيارة والطريق

(3) القوة المركزية التي تبقي الارض في مسارها حول الشمس تتوافر .

a) بوساطة القصور الذاتي
b) بوساطة دوران الارض حول محورها
c) جزء بوساطة جاذبية سحب
d) بوساطة جاذبية الشمس

الجواب / هو d) بوساطة جاذبية الشمس

(4) يتحرك جسم على مسار دائري بانطلاق ثابت فاذا تضاعف نصف قطر مساره الدائري فأن القوة المركزية اللازمة لبقائه في ذلك المسار تصير .

a) ربع مما كانت عليه
b) نصف مما كانت عليه
c) مرتين اكبر مما كانت عليه
d) اربع مرات اكبر مما كانت عليه

الجواب / هو b) نصف مما كانت عليه

$r_2 = 2r_1$

$$\frac{F_{c2}}{F_{c1}} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{r_1}{2r_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow F_{c2} = \frac{1}{2} F_{c1}$$

(5) سيارة كتلتها (1200 Kg) وانطلاق 6m/s عند مرورها في منعطف دائري افقي نصف قطره 30 m فأن القوة المركزية العاملة على السيارة هي .

a) 48 N
b) 147 N
c) 240 N
d) 1440 N

الجواب / هو d) 1440 N

التوضيح/

$$F_c = \frac{mV^2}{r} = \frac{1200 \times 6^2}{30} = 1440N$$

(6) عند انتقال شخص من موقعه عند خط الاستواء الى موقع عند احد القطبين الجغرافين فأن الوزن المؤثر للجسم .

a) يصير اصغر من وزنه الحقيقي

b) يصير اكبر من وزنه الحقيقي

c) يساوي وزنه الحقيقي

d) يساوي صفر

الجواب / هو c) يساوي وزنه الحقيقي

التوضيح/

لان السرعة V تساوي صفر ومنه القوة المركزية تساوي صفر

$$F_c = \vec{W}_{real} - \vec{W}_{app}$$

$$0 = \vec{W}_{real} - \vec{W}_{app}$$

$$\therefore \vec{W}_{app} = \vec{W}_{real}$$

س2/ (1) اكتب معادلة القوة المركزية واثبت ان وحده قياسها تقدر بالنيوتن .

$$F_c = \frac{mV^2}{r}$$

$$F_c = \frac{Kg\frac{m^2}{s^2}}{m} = \frac{Kg.m^2}{ms^2} = \frac{Kgm}{s^2} = Newton$$

(2) هل يمكن لجسم ان يتحرك على مسار دائري من غير وجود قوة مركزية مؤثرة فيه . ولماذا ؟

الجواب / لايمكن لأن القوة المركزية هي التي تجعل الجسم يدور بمسار دائري وفي حالة فقدانها فان الجسم يتحرك حركة ذات سرعة مماسية آنية (خطية) .

(3) هل يمكن ان يتزن الجسم المتحرك حركة دائرية منتظمة ؟ ولماذا ؟

ج / لايمكن لأن اي جسم يتحرك بمسار دائري لابد من وجود قوة مركزية (اي ان محصلة القوى الخارجية عليه لاتساوي صفر) ولهذا فانه يكتسب تعجيل مركزي فيكون غير متزن .

(4) علل / يتوجب على راكب الدراجة ان يزيد ميله عن الشاقول عند حركته على منعطف افقي معين بانطلاق اكبر .

ج / لزيادة القوة المركزية [وهي المركبة الافقية لرد فعل الطريق ($N \sin\theta$) وجعلها مناسبة لبقاء راكب الدراجة والدراجة في المسار الدائري ذاته وبانطلاق اكبر .

(5) تحت اي شرط يمكن لجسم ان يتحرك على مسار دائري فيمتلك تعجيلا مركزيا ولايمتلك تعجيلا مماسيا وضح ذلك .

ج / وجود قوة مركزية عمودية على متجه السرعة الآنية فتغير فقط اتجاه السرعة مع ثبوت الانطلاق فيكتسب الجسم تعجيل مركزي (a_c)[اي ان الحركة دائرية منتظمة] .

(6) ما سبب انفصال قطرات الماء من الملابس المبللة الموضوعة في آلة تجفيف الملابس ذات الحوض الدوار اثناء دورانها .

ج / لأن قوة التلاصق بين قطرات الماء والملابس اقل من القوة المركزية اللازمة لتدوير الملابس بمسار دائري لذلك تتجه باتجاه المماس وتخرج من الثقوب الموجودة في حوض النشاف .

المسائل

س1/ احسب التعجيل المركزي لجسم عند نقطة على سطح الارض تبعد عن محور دوران الارض 5000 Km .

الحل/

$$F_c = \frac{mV^2}{r} \quad ....\ (1)$$

$$F_c = ma_c \quad ....\ (2)$$

بمساواة المعادلتين

$$\frac{mV^2}{r} = ma_c$$

ممكن كتابة هذا القانون مباشرة ولكني تقصدت كي يتعلم الطالب اشتقاق هذه العلاقة

$$a_c = \frac{V^2}{r} = \frac{W^2r^2}{r} = W^2r \quad (V = Wr)$$

السرعة الزاوية للارض $W = \frac{2\pi \times \text{عدد الدورات}}{24hours \times 3600sec} = \frac{2\pi \times 1}{24 \times 3600} = 7.3 \times 10^{-5}$ rad/s

$$a_c = (7.3 \times 10^{-5})^2 \times 5 \times 10^6 = 0.0260\ m/s^2$$

س2/ قمر صناعي يتحرك بانطلاق ثابت في مسار دائري نصف قطر مداره عن مركز الارض 7000Km جد .

(1) انطلاق القمر الصناعي في مداره. (2) زمن الدورة الواحدة عند هذا المدار

علماً ان ثابت الجذب العام $G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{Kg^2}$

كتلة الارض = $M_E = 5.98 \times 10^{24}$ Kg

الحل/

$F = G\frac{mM_E}{r^2}$ .... (1) قانون الجاذبية

(1) $F_c = \frac{mV^2}{r}$ .... (2) القوة المركزية

$$\frac{mV^2}{r} = G\frac{mM_E}{r^2} \rightarrow V^2 = G\frac{M_E}{r}$$

$$V = \sqrt{\frac{GM_E}{r}} = \sqrt{\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24}}{7 \times 10^6}}$$

$$V = \sqrt{\frac{39.88 \times 10^7}{7}} = 7.5 \times 10^3\ m/s$$

(2) $\omega = \frac{2\pi \text{ عدد الدورة}}{\text{الزمن}}$

$\frac{V}{r} = \frac{2\pi \times \text{عدد الدورة}}{T}$

$\frac{V}{r} = \frac{2\pi \times 1}{T}$

$T = \frac{2\pi r}{V} = \frac{2\times3.14\times7\times10^6}{7.5\times10^3} = \frac{43.96\times10^{+3}}{7.5}$

$T = 5.824\times10^3 \text{sec} = 1.618 \text{ hours}$

س3/ سيارة تسير على منعطف افقي دائري نصف قطره 200m بانطلاق ثابت 30 m/s فاذا كانت كتلة السيارة 1000 Kg .

(1) جد قوة الاحتكاك اللازمة لتوافر القوة المركزية اللازمة .

(2) اذا كان معامل الاحتكاك الشروعي $\mu = 0.8$ فما اكبر انطلاق تسير به السيارة على المسار من غير انزلاق

الحل/

$f_s = F_c = \frac{mV^2}{r}$

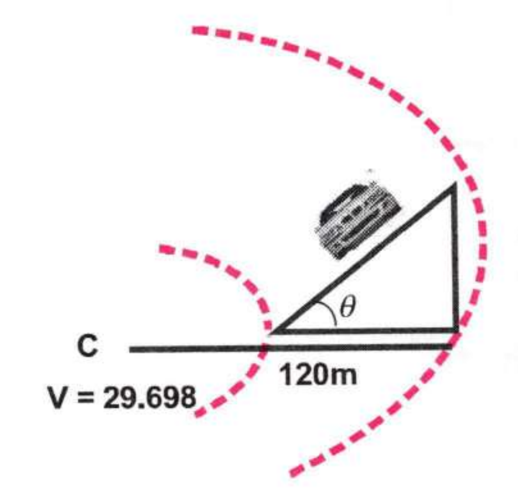
$f_s = \frac{1000\times(30)^2}{200} = \frac{900000}{200} = 4500N$

$V = \sqrt{\mu_s g r} = \sqrt{0.8\times10\times200} = \sqrt{1600}$

$V = 40 \text{ m/s}$ اقصى انطلاق من غير انزلاق

س4/ طريق مقوسة دائرية عرضها 3.75m مائلة عن الافق ونصف قطر تقوسها الافقي 120m مصممة لسير السيارات بالانطلاق المحدد لها 29.698 m/s احسب ارتفاع الحافة الخارجية للطريق عن حافتها الداخلية .

الحل/



$\tan\theta = \frac{V^2}{rg} = \frac{(29.698)^2}{120\times10} = \frac{882}{1200} = 0.734$

$\theta = \tan^{-1} 0.734 = 36.278$

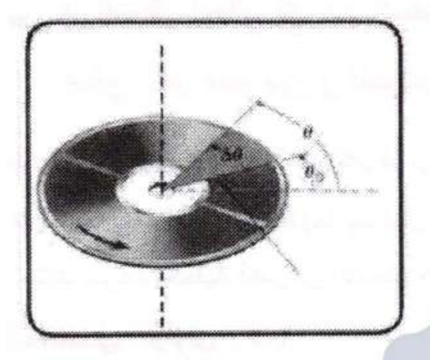
$\therefore \sin 36.278 = 0.591$

$0.591 = \frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}}$

$0.591 = \frac{\text{الارتفاع}}{3.75}$

الارتفاع = 2.21 m

الحركة الدورانية rotational motion :



هي دوران جسم جاسيء حول محور معين ماراً منه اومار من احدى نقاطه .

تعريف آخر : هو دوران جسم جاسيء ذي ابعاد حول محور يمر من خلاله .

الشكل المجاور / يوضح دوران قرص حول محور ثابت يمر في النقطة o وعمودياً على مستوى الشكل.

* مثل دوران الارض حول محورها، دوران عقارب الساعة، دورن عجلات السيارة.

الجسم الجاسيء : هو الجسم الذي لايتغير شكله او نمط توزيع كتلته اثناء دورانه لتتذكر مادرسناه في بداية الفصل وهي الازاحة الزاوية (θ) هي

$$\theta = \frac{s}{r}$$

حيث s طول القوس ، r نصف القطر

θ تحسب بالزاوية نصف قطرية (rad) .

س/ ما الفرق بين الحركة الدائرية والحركة الدورانية ذاكرا مثال لذلك؟

ج/ الحركة الدائرية هي حركة الجسم على مسار دائري حول محور لا يمر في الجسم مثل حركة حركة فوهة الهواء لاطار عجلة السيارة.

الحركة الدائرية هي حركة الجسم حول محور يمر في الجسم مثل حركة عجلات السيارة.

السرعة الزاوية (ω) :

هو المعدل الزمني للازاحة الزاوية . تقرأ (اوميكا) (ω)

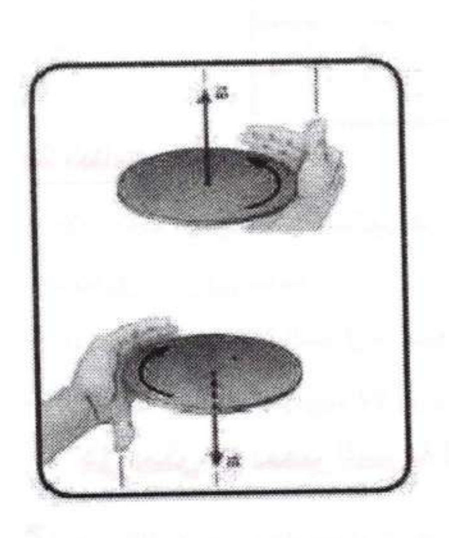
* ولحساب السرعة الزاوية للحركة الدورانية المنتظمة.

(اذا كان الجسم يقطع ازاحات متساوية في ازماناً متساوية) $\omega = \frac{\theta}{T}$

مثل دوران الارض حول محورها ودوران عقارب الساعة.

وتحسب السرعة الزاوية (ω) بوحدة (rad / s) أو rev / s

اتجاه السرعة الزاوية :

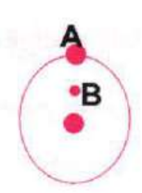


السرعة الزاوية (ω) كمية اتجاهية اتجاهها عمودي على مستوى دوران الجسم ويعين اتجاهها حسب قاعدة الكف اليمنى (يجعل الاصابع الاربعة لليد اليمنى تلف باتجاه دوران الجسم عند ذلك سيشير اتجاه الابهام الى اتجاه السرعة الزاوية). لاحظ الشكل

وذكرنا ايضاً ان العلاقة بين السرعة الخطية والسرعة الزاوية هي

$$\omega = \frac{V}{r} \quad \text{أو} \quad V = \omega r$$

س/ في الشكل التالي اي من النقاط A أو B تمتلك سرعة زاوية او انطلاق خطي أكبر عند دوران القرص حول محوره؟



ج/ كل من النقطة A و B تمتلكان نفس السرعة الزاوية W

لان عند دوران القرص فأنهما يصنعان نفس الازاحة الزاوية θ خلال نفس الفترة الزمنية $W = \frac{\theta}{t}$ بينما النقطة A تمتلك سرعة خطية أكبر من النقطة B لان نصف قطرها أكبر وفق العلاقة $V = W \times r$ بثبوت السرعة الزاوية.

التعجيل الزاوي (α) :

هو المعدل الزمني لتغير السرعة الزاوية .

$$\alpha = \frac{\Delta \vec{W}}{\Delta t} = \frac{W_f - W_i}{t_f - t_i}$$ (تقرأ ألفا)

وان وحدة قياس التعجيل الزاوي rad/s^2

اتجاه التعجيل الزاوي :

التعجيل الزاوي كمية اتجاهية اتجاهه باتجاه يوازي السرعة الزاوية (ω) ويكون باتجاه السرعة الزاوية اذا كان التعجيل تسارعي وفي هذه الحالة تعوض قيمته باشارة موجبة في القانون ويكون عكس اتجاه السرعة الزاوية اذا كان التعجيل تباطؤ في هذه الحالة تعوض قيمته باشارة سالبة في القانون (انظر الشكل اعلاه)

معادلات الحركة الزاوية ذات التعجيل الزاوي المنتظم :

ان معادلات الحركة الزاوية للجسم الجاسيء بتعجيل زاوي منتظم هي نفسها معادلة الحركة ذات التعجيل الخطي المنتظم .

ت	معادلات الحركة الخطية	ت	معادلات الحركة الزاوية
1	$V_f = V_i + at$	1	$\omega_f = \omega_i + \alpha t$ ....
2	$V_f^2 = V_i^2 + 2aX$	2	$\omega_f^2 = \omega_i^2 + 2\alpha\theta$ ....
3	$X = V_i t + \frac{1}{2}at^2$	3	$\theta = \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2$ ....
4	$X = \frac{V_1 + V_2}{2}.t$	4	$\theta = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}.t$ ....

ملاحظات:

- اذا بدأت الحركة من السكون فأن [Wi=0] واذا توقف عن الدوران [Wf=0] وفي هذه الحالة يكون [α] التعجيل الزاوي سالباً.
- اذا كان المطلوب في السؤال ما عدد الدوران هذا يعني المطلوب أيجاد الازاحة الزاوية (θ) بوحدة rev.
- اذا كانت السرعة الزاوية W بوحدة $\frac{rev}{min}$ يجب تحويلهما في بداية الحل الى $\frac{rad}{sec}$ من خلال $\frac{rad}{sec} = \frac{rev}{min} \times \frac{2r}{60}$

س/ هل يمكن ان تتغير السرعة الزاوية للجسم مع بقاء المعدل الزمني لدورانه ثابت ؟ وضح .

ج/ نعم وذلك بتغير اتجاه محور الدوران لأن السرعة الزاوية كمية اتجاهية تتغير اذا تغير اتجاهها مع بقاء المقدار ثابت . كمثال قطار يدور على سكة دائرية بمستوى أفقي بأنطلاق ثابت فأن مقدار سرعته الزاوية ثابتة ولكن اتجاهه متغير.

مثال / تدور عجلة بتعجيل زاوي منتظم $\alpha = 3.5\ rad/s^2$ اذا كانت السرعة الزاوية 2rad/s عند الزمن $t_{in}=0$ ما الازاحة الزاوية التي تدورها العجلة بين الزمن $t = 0$ و $t = 2s$.

(1) بالزوايا نصف القطرية . وبالدورات

(2) مامقدار السرعة الزاوية للعجلة عند الزمن $t_f = 2\ sec$

الحل /

(1) $\theta = \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2$

الازاحة الزاوية بـ (radian)

$\theta = 2\times2 + \frac{1}{2}\times 3.5\times(2)^2 = 4 + 7 = 11\ rad$

$\frac{11\ rad}{2\pi\ rad/rev} = 1.75\ rev$

(2) $t = 2s$

$\omega_f = \omega_i + \alpha t$

$\omega_f = 2 + 3.5\times2$

$\omega_f = 9\ rad/s$

س / متى تكون الحركة الدورانية منتظمة ومتى تصبح غير منتظمة .

ج / تكون الحركة الدورانية منتظمة عندما

(أ) – المعدل الزمني للدوران ثابت (الانطلاق ثابت) (ب) – اتجاه محور الدوران ثابت .

مثال ذلك / دوران عقارب الساعة الجدارية .

اما الحركة الدورانية غير المنتظمة تكون عندما

أما (أ) – يتغير المعدل الزمني للدوران . أو (ب) – يتغير اتجاه محور الدوران . (جـ) – يتغير كليهما .

مثال ذلك / دوران الارض حول نفسها – دوران عقارب ساعة اليد لأن اتجاه الدوران متغير .

س / في الامثلة الاتية هل يمتلك الجسم تعجيلا زاويا ولماذا؟

(1) دوران عقارب الساعة الجدارية.

ج / لا تمتلك تعجيلاً زاوياً لثبت مقدار السرعة واتجاه محور الدوران.

(2) دوران عقارب ساعة اليد

ج / تمتلك تعجيلاً زاوياً لتتغير في اتجاه محور الدوران.

(3) دوران عجلات السيارة من السكون وعلى خط مستقيم

ج / يمتلك تعجيلاً زاوياً لتتغير مقدار السرعة الزاوية وثبوت اتجاه محور الدوران.

عزم القصور الذاتي (I) وطاقة الدوران :

القصور الذاتي في الحركة الدورانية (الاستمرارية الدورانية) وهو القانون الاول لنيوتن في الحركة الدورانية .

التعريف /

ان الجسم عاجز او قاصر عن تغير حالته الحركية من السكون او حركة السرعة زاوية منتظمة مالم يؤثر فيه عزم خارجي غير متزن ..

عزم القصور الذاتي لجسيم /

هو مقدار المقاومة التي يمتلكها الجسيم ضد العزوم الخارجية المؤثرة عليه

وهو كمية عددية وحداتها $Kg . m^2$ أو $gm . cm^2$.

حيث m هي الكتلة ، r البعد عن محور الدوران $\boxed{I = mr^2}$

ان عزم القصور الذاتي للجسم يساوي مجموع عزوم القصور الذاتي لجميع اجزاء الجسم حول ذلك المحور

(*) عزم القصور الذاتي كمية غير اتجاهية $\boxed{I_{body} = I_1 + I_2 + I_3 + ...}$

أهميته :

1- معرفة مدى محافظة الجسم المتحرك حركة دورانية على استمرار الدوران المنتظم.

2- مدى ما يتحملهُ الجسم من عزم دوراني خارجي يؤثر فيه.

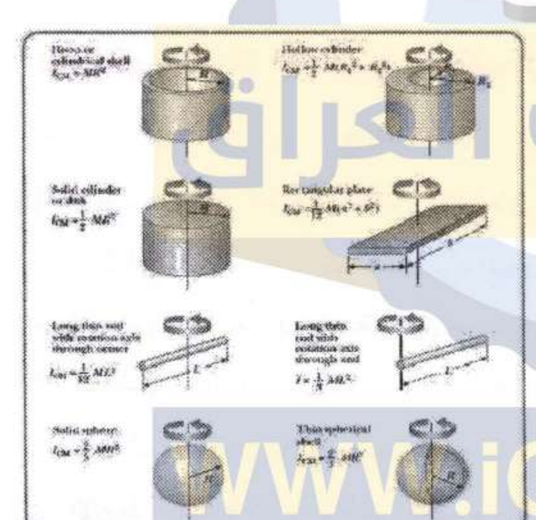
س/ علام يعتمد عزم القصور الذاتي .

ج/ يعتمد على (1) شكل الجسم

(2) كتلة الجسم

(3) نمط توزيع الكتل بالنسبة لمحور الدوران

*الجدول المجاور يبين عزوم القصور الذاتية للاجسام الجاسئة المتجانسة المختلفة للاشكال الهندسية.



وبذلك من الشكل التالي نستنتج ان :

(اسطوانة مجوفة او حلقة رقيقية) $I = mr^2$

(قرص أو اسطوانة صلدة) $I = \frac{1}{2} mr^2$

كرة صلدة $I = \frac{2}{5} mr^2$

كرة مجوفة $I = \frac{2}{3} mr^2$

- هذه الاجسام هي أكثر أستخداماً في المسائل قد يطلب حفظها او تعطى في السؤال.

وبصورة عامة فان عزم القصور الذاتي هو $I = Amr^2$

حيث A هو عامل عددي يعتمد على شكل الجسم وفي اغلب الاحيان عزم القصور الذاتي يعطي في السؤال او المسألة

الحركة المركبة (حركة انتقالية وحركة دورانية) :

اذا تدحرج جسم بدون انزلاق (دحرجة صرفه) مثل كرة او حركة عجلة الدراجة او السيارة على سطح خشن فأن لهذا الجسم حركتين في آن واحد (حركة انتقالية وحركة دورانية) ومنها تكون الطاقة الحركية الكلية للجسم الجاسيء يساوي مجموع الطاقتين الحركية الخطية والحركية الدورانية .

$$KE_{Totol} = KE_{Trans} + KE_{Rot}$$

انتقالية دورانية

$$KE = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

ملاحظات هامة:

- عند دوران قرص حول محور معين فانه يمتلك طاقة حركية دورانية فقط.
- عند دحرجة قرص على سطح أفقي أملس فأنه يمتلك طاقة حركية خطية فقط.
- عند دحرجة قرص على سطح خشن دحرجة صرف فانه يمتلك طاقة حركية دورانية وخطية في نفس الوقت.
- قوة الاحتكاك تسبب ضياع او نقص في الطاقة الحركية الخطية فقط.
- عند دحرجة قرص من قمة سطح مائل خشن دحرجة صرف ارتفاعه h فأن الطاقة الحركية الكلية عند أسفل السطح = الطاقة الكامنة عند قمة السطح.

$$P.E = K.E \rightarrow mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}Iw^2$$

س/ كرة صلدة جاسئة تتدحرج دحرجة صرفا (من غير انزلاق) على سطح مائل فأن نسبة الطاقة الحركية الدورانية للكرة الى الطاقة الحركية الكلية عند أسفل السطح تساوي $\frac{2}{7}$ أثبت ذلك

ج/

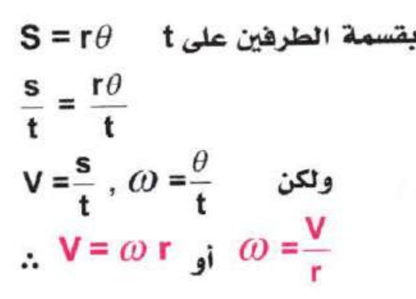
$$\frac{KE_R}{KE_T} = \frac{\frac{1}{2}Iw^2}{\frac{1}{2}mV^2+\frac{1}{2}Iw^2}$$

$$= \frac{\frac{1}{2}Iw^2}{\frac{1}{2}(mv^2+Iw^2)} = \frac{Iw^2}{mv^2+Iw^2} = \frac{\frac{2}{5}mr^2\frac{v^2}{r^2}}{mv^2+\frac{2}{5}mr^2\frac{v^2}{r^2}}$$

$$= \frac{\frac{2}{5}mv^2}{mv^2+\frac{2}{5}mv^2} = \frac{\frac{2}{5}mv^2}{(1+\frac{2}{5})mv^2} = \frac{\frac{2}{5}}{\frac{7}{6}} = \frac{2}{7}$$

العلاقة بين السرعة الخطية المماسية والسرعة الزاوية :

نتصور جسم جاسيء يدور حول محوره وبسرعة زاوية منتظمة فأن كل جسيم من هذا الجسم يدور حركة دائرية حول محور الدوران بنصف قطر r وبسرعة مقدارها ثابت واتجاهها متغير

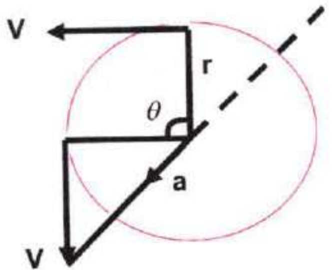


$S = r\theta$ بقسمة الطرفين على t

$\frac{s}{t} = \frac{r\theta}{t}$

ولكن $V = \frac{s}{t}$, $\omega = \frac{\theta}{t}$

$\therefore V = \omega r$ أو $\omega = \frac{V}{r}$



العلاقة بين التعجيل الخطي المماسي والتعجيل الزاوي :

$V = \omega r$

$\Delta V = \Delta\omega\, r$ بقسمة الطرفين على t

$\frac{\Delta V}{t} = \frac{\Delta\omega}{t} r \rightarrow a_T = r\alpha$ حيث a_T التعجيل المماسي

أو $\frac{a_T}{r} = \alpha$ α التعجيل الزاوي

مثال/ تدحرجت كرة صلدة على سطح افقي خشن دحرجة صرف بانطلاق خطي (1.5m/s) لمركز كتلتها وكان نصف قطرها (0.1m) . وكتلتها (0.2Kg) أحسب مقدار:

(1)عزم قصورها الذاتي حول محورها الهندسي المار من مركزها .

(2) طاقتها الحركية الكلية علماً ان $I \text{ (solid sphere)} = \frac{2}{5} mr^2$ كرة صلدة

الحل /

(1) $I = \frac{2}{5}\, mr^2$

$I = \frac{2}{5} \times 0.2 \times (0.1)^2 \rightarrow I = \frac{2 \times 0.2 \times 0.01}{5} = \frac{0.004}{5} = 8 \times 10^{-4}\ Kg.m^2$

$I = 0.0008\ Kg.m^2$ عزم القصور الذاتي

(2) $\omega = \frac{V}{r} = \frac{1.5}{0.1} = 15\ rad/s$

$KE = KE_T + KE_R$

$KE = \frac{1}{2} mV^2 + \frac{1}{2} I\omega^2 = \frac{1}{2} \times 0.2 \times (1.5)^2 + \frac{1}{2} \times 0.0008 \times 15^2$

$KE = 0.315J$ مقدار الطاقة الحركية

طريقة اخرى:

$KE = \frac{1}{2}\, mV^2 + \frac{1}{2}\, IW^2$

$\because I = \frac{2}{5}\, mr^2 \quad , \quad W^2 = \frac{v^2}{r^2}$

$\therefore KE = \frac{1}{2}\, mV^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{2}{5}\, mr^2 \right) \frac{v^2}{r^2}$

$KE = \frac{1}{2}\, mV^2 + \frac{1}{5} mV^2 = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{5} \right) mV^2$

$= \frac{7}{10}\, mV^2$

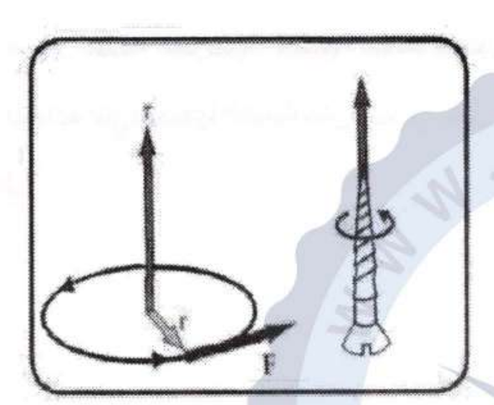
$= \frac{7}{10} \times 0.2 \times (1.5)^2 = 0.315$ joul

العزم المدور والتعجيل الزاوي (قانون نيوتن الثاني في الحركة الدورانية) :

درسنا سابقاً ان الجسم الجاسيء يكون متزن عندما تكون محصلة العزوم الخارجية المؤثرة فيه تساوي صفر .

س/ ماذا يحصل لجسيم يتحرك حركة دورانية حول محوره اذا اثر عليه عزم خارجي .

ج/ يتسبب له تعجيل زاوي حول ذلك المحور مقدار هذا التعجيل يتناسب طردياً مع العزم المدور وعكسياً مع عزم القصور الذاتي للجسم حول ذلك المحور



$$\sum \vec{\tau} \propto \vec{\alpha}$$

$$\sum \vec{\tau} = \mathbf{I}\vec{\alpha}$$

τ تقرأ تاو

(❖) العزم المدور τ وحدته N.M

(❖) العزم المدور τ والتعجيل الزاوي α كميتان متجهتان لهما الاتجاه نفسه وهو ينطبق على محور الدوران (طبقاً لقاعدة الكف اليمنى) بينما عزم القصور الذاتي I كمية غير متجهة .

مثال / اسطوانة صلدة كتلتها 1 Kg نصف قطر قاعدتها 0.2 m شرعت بالدوران من السكون حول محورها الهندسي الطويل المار من مركزي وجهيها عندما اثرت فيها قوة مماسية مقدارها 10N أحسب .

(1) مقدار سرعتها الزاوية بعد مرور 5s من بدء الدوران .

(2) عدد الدورات .

الحل/

$$\sum \vec{\tau} = \mathbf{I}\vec{\alpha}$$

$$r \times F = \frac{1}{2}mr^2$$

$$0.2 \times 10 = \frac{1}{2}(1)(0.2)^2$$

$$4 = 0.04\alpha$$

$$\alpha = \frac{4}{0.04} = 100 \text{ rad/s}^2$$

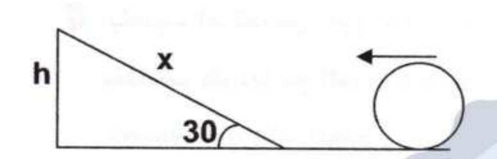
$$\omega_f = \omega + \alpha\Delta t$$ مقدار السرعة الزاوية للاسطوانة

$$\omega_f = 0 + 100 \times 5 \rightarrow \omega_f = 500 \text{ rad/s}$$

$$\theta = \frac{\omega_f + \omega_i}{2} \times \Delta t = \frac{500 + 0}{2} \times 5 = 1250 \text{ rad}$$ حولنا rad الى rev بقسمتها على

$$\theta = 1250 \text{ rad} \times \left(\frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}}\right) = \frac{325}{\pi} \text{ rev} = 199 \text{ rev}$$

مثال / **حلقة رقيقة جاسئة تلتقصها (0.5 kg) تتدحرج على سطح أفقي بسرعة خطية لمركز ثقلها $(5\frac{m}{s})$ بدحرجة صرف (من غير انزلاق) وصلت الى سطح مائل خشن قياس زاوية ميله 30° فصعدته من غير انزلاق جد:**



١- مقدار الطاقة الحركية الكلية عندما تكون الحلقة على السطح الافقي.

٢- المسافة التي تقطعها الحلقة على السطح المائل حتى تتوقف.

الحل /

(1) $KE_T = KE_t + KE_R$

$$KE_T = \frac{1}{2}\,mV^2 + \frac{1}{2}\,IW^2$$

$$= \frac{1}{2}\,mV^2 + \frac{1}{2}\,(mV^2)\frac{v^2}{r^2}$$

$$= \frac{1}{2}\,mV^2 + \frac{1}{2}mV^2$$

$$= mV^2 = 0.5\times\ 25 = 12.5J$$

(2) $KE_T = P.E$

$$mgh = 12.5 \quad \Rightarrow h = \frac{12.5}{0.5\times 10} = \frac{12.5}{5} = 2.5\ m$$

$$Sin\theta = \frac{h}{x} \Rightarrow Sin30 = \frac{h}{x} \Rightarrow 0.5 = \frac{2.5}{x}$$

$$x = \frac{2.5}{0.5} = 5m$$

الشغل في الحركة الدورانية :

اذا اثر عزم على جسم قابل للدوران حول محور معين وسبب له ازاحة زاوية حول ذلك المحور فأن العزم يكون قد انجز شغلاً على ذلك الجسم .

قانون الشغل في الحركة الدورانية :

نعتبر قرص نصف قطره (r) يدور حول محور افقي من مركزه وتؤثر في حافته قوة مماسية (F) وسببت له ازاحة زاوية مقدارها θ وقطعت قوساً طوله S فأن القوة F تنجز شغلاً مقداره (W) .

$$W = F.S$$

$$S = r\,\theta$$

$$W = (\,r \times F\,)\theta$$

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$W = \vec{\tau}\ .\theta$$

F
S
Rope
r
θ

الشغل المنجز (W) يساوي حاصل ضرب العزم المدور في الازاحة الزاوية θ

وحدة الشغل هو الجول (Joul)

ووحده العزم المدور N.M والازاحة الزاوية مقدرة بـ rad .

ملاحظة /

اذا كان الجسم قابل للدوران حول محوره بدون احتكاك بينه وبين ذلك المحور وانجز عليه شغل دوراني فأن جميع ذلك الشغل يتحول الى طاقة حركية دورانية في الجسم .

$$W = \Delta KE_{Rot} = KE_{rot(f)} - KE_{Rot(i)}$$

$$W = \frac{1}{2}I\omega_f^2 - \frac{1}{2}I\omega_i^2 \rightarrow W = \frac{1}{2}I(\omega_f^2 - \omega_i^2)$$

القدرة الدورانية (P_{ro}) Rotational Power :

هي المعدل الزمني للشغل المنجز وعليه فأن

$$P_{rot} = \frac{W_{rot}}{t} \rightarrow P_{rot} = \frac{\tau_\theta}{t}$$

$$\overline{\omega} = \frac{\theta}{t} \rightarrow \overline{\omega_{avg}} = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$$

$$P_{rot} = \tau.\overline{\omega_{avg}}$$

القدرة الدورانية P_{ro} تساوي حاصل ضرب العزم المدور في السرعة الزاوية المتوسطة وتقاس بوحدة watt وهناك وحدة اكبر هي K.W .

مثال / محرك كهربائي قدرته $(1.72\times10^5\ Watt)$ يدور بسرعة زاوية متوسطة مقدارها (500 rev/min) مامقدار العزم المدور العامل على تدويره .

الحل / نحول السرعة الزاوية من (rev / min) الى (rad/S)

$$\omega = \frac{\theta}{t} \rightarrow \omega = 500\times\frac{2\pi}{60} = \frac{50}{3}\pi\ rad/s$$

$$P_{tot} = \tau.\omega_{avg} \rightarrow P_{tot} = \tau.\frac{50\pi}{3}$$

$$1.72\times10^5 = \tau.\frac{50\pi}{3} \rightarrow \tau = \frac{3\times1.72\times10^5}{50\pi} = 3286\ N.M$$

الزخم الزاوي Angular momentum :

الزخم الزاوي (L) للجسم الجاسيء حول محور دورانه هو عزم الزخم الخطي حول محور الدوران وهو كمية متجهة وحدته $Kg.m^2/s$.

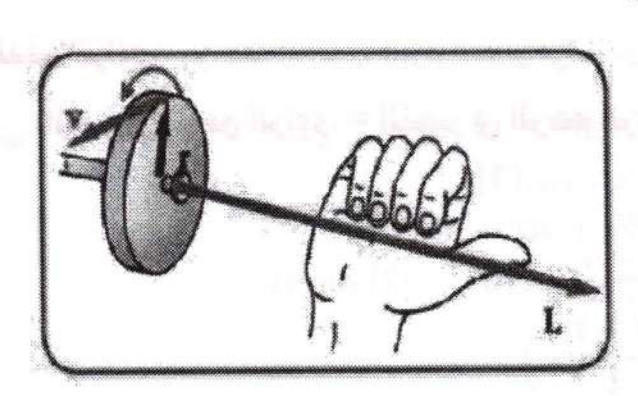
(اتجاهها هو اتجاه السرعة الزاوية (لاحظ الرسم) ومنه

$$\vec{L} = \vec{r}\times\vec{P}$$

$$P = m\vec{V}$$

$$\vec{L} = \vec{r}\,m\vec{V}$$

$$\vec{V} = \vec{r}\vec{\omega} \rightarrow \vec{L} = \vec{r}\,m\,\vec{r}\,\vec{W}$$



الزخم الزاوي يعطى بهذه العلاقة $\vec{L} = I\vec{\omega}$

حيث $I = r^2m$

س/ علام يعتمد الزخم الزاوي (L) .

ج / من العلاقة اعلاه فأن الزخم الزاوي (L) يعتمد على

(1) عزم قصوره الذاتي I (2) سرعته الزاوية ω

حفظ الزخم الزاوي :

* اذا تغير عزم القصور الذاتي للجسم الجاسئ من I_1 الى I_2 في اثناء دورانه حول محور ثابت ومن غير تاثير محصلة عزمه خارجية في الجسم فان سرعته الزاوية سوف تتغير من W_1 الى W_2 لان زخمه الزاوي (L) يبقى ثابتاً (في المقدار والاتجاه، في اثناء الدوران).

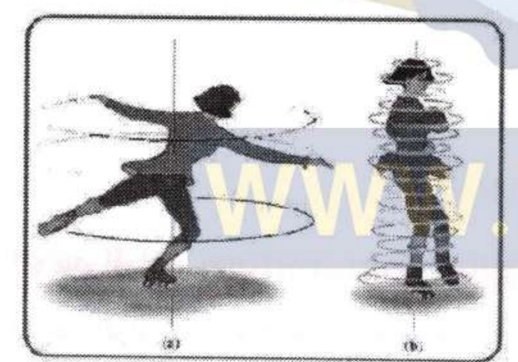
قانون حفظ الزخم الزاوي :

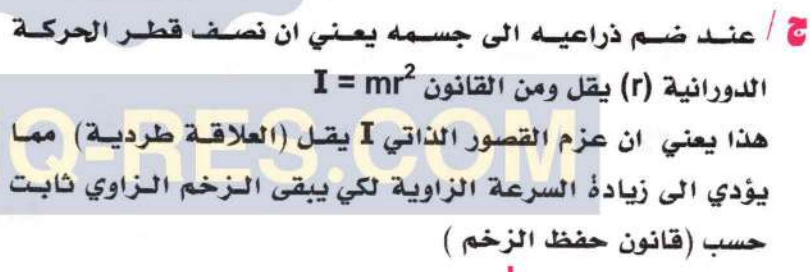
الزخم الزاوي الكلي للجسم الجاسيء او منظومة الجسيمات الجاسئة يبقى ثابت المقدار والاتجاه مالم يؤثر عليه عزم خارجي .

من التطبيقات العملية لقانون حفظ الزاخم الزاوي:

- راقصة الباليه
- السابح يكور جسمه بعد القفز من لوحة السباحة.
- المتزلج على الجليد يضم ذراعية لزيادة سرعته الزاوية.
- دوران عجلة مسننة بسرعة زاوية معينة تعشقت مع عجلة أخرى فسوف تفقد الاولى قسماً من زخمها لتكتسبهُ الثانية فتدور بأتجاه معاكس.

علل/ في رياضة التزلج على الجليد تزداد سرعة الدوران للمتزلج حول نفسه عند ضم رجليه وذراعية الى جسمه .

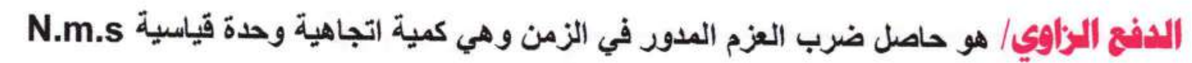




ج / عند ضم ذراعيه الى جسمه يعني ان نصف قطر الحركة الدورانية (r) يقل ومن القانون $I = mr^2$ هذا يعني ان عزم القصور الذاتي I يقل (العلاقة طردية) مما يؤدي الى زيادة السرعة الزاوية لكي يبقى الزخم الزاوي ثابت حسب (قانون حفظ الزخم)

$$L = I\omega \quad , \quad I = \frac{L}{\omega}$$

العلاقة عكسية بين I , w بثبوت الزخم



الدفع الزاوي/ هو حاصل ضرب العزم المدور في الزمن وهي كمية اتجاهية وحدة قياسية N.m.s

س/ أثبت ان الدفع الزاوي = التغير في الزخم الزاوي

$$\because \tau = I\,\alpha ......(1)$$

$$\because Wf = Wi + \alpha t$$

$$\therefore \alpha = \frac{Wf - Wi}{t} .....(2) \qquad (2) \text{ in } (1)$$

$$\tau = I\left(\frac{Wf - Wi}{t}\right)$$

$$\tau . t = Iwf = Iwi$$

$$\tau . t = L_f - L_i = \Delta L$$

اسئلة الفصل السادس (الحركة الدورانية)

س1/ اختر العبارة الصحيحة من العبارات التالية :

(1) اذا دار قرص حول محوره بزخم زاوي منتظم فأن مقدار احدى الكميات الاتية لاتساوي صفر .

a) التعجيل الزاوي للقرص

b) الشغل الدوراني للقرص

C) السرعة الزاوية للقرص

d) محصلة العزوم الخارجية المؤثرة في القرص

الجواب / هو C) السرعة الزاوية للقرص . لان القرص دار حول محوره بزخم زاوي منتظم $L = I\omega$

(2) يقف تلميذ عند حافة منصه دائرية تدور بمستوى افقي حول محور شاقولي مارا بمركزها فاذا اقترب التلميذ ببطئ نحو مركز المنصة (من غير تأثير عزم خارجي) فأن مقدار الزخم الزاوي للتلميذ .

a) يزداد

b) يبقى ثابت

c) يقل

d) يساوي زخم الزاوي للمنصة

التوضيح/
اقتراب التلميذ نحو المنصة يعني ان نصف قطر الدوران (r) قل وبما انه لايوجد تاثير لعزم خارجي .
فأن السرعة تزداد ويبقى الزخم ثابت ومحفوظ عند دوران الجسم

الجواب / b) يبقى ثابتا

(3) أن (Joule.second) هي وحدات .

a) قدرة

b) عزم مدور

c) تعجيل زاوي

d) زخم زاوي

الجواب / هو d) زخم زاوي

التوضيح/

$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P}$

$\vec{L} = I \times \vec{\omega} = rmV = mKg\frac{m}{s}$

نضرب البسط والمقام بـ S $\quad \vec{L} = m\frac{Kg.m}{s^2}s$

$= m.N.s = J.s$

(4) ان المعدل الزمني لتغير الزخم الزاوي يمثل .

a) عزم مدور

b) شغل دوراني

c) قوة

d) ازاحة زاوية

الجواب / (a) العزم المدور

التوضيح/

$\mathcal{T} = I\alpha$

$\mathcal{T} = I(\frac{\omega_1 - \omega_2}{t}) \rightarrow \mathcal{T} = = \frac{I\omega_2}{t} - \frac{I\omega_1}{t}$

$\mathcal{T} = \frac{L_2 - L_1}{t}$ التغير في الزخم الزاوي = $\mathcal{T}$ العزم المدور

$\mathcal{T} = \frac{\mathcal{T} \times t}{t} = \mathcal{T}$

(5) قطار يدور على سكة دائرية بمستوى افقي بانطلاق ثابت فان الذي يتغير لعجلات القطار هو .

a) زخمها الزاوي

b) عزم قصورها الذاتي

c) مقدار سرعتها الزاوية

d) طاقتها الحركية الدورانية

الجواب / هو a) زخمها الزاوي

التوضيح /

عزم القصور الذاتي لايتغير لأن $I = mr^2$ وهو كمية غير اتجاهية ولايتغير الكتلة ونصف القطر ، مقدار السرعة الزاوية ثابتة لانها تعني الانطلاق ثابت ، طاقتها الحركية الدورانية ثابت لانها كمية مقدارية غير اتجاهية

$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P}$ والزخم كمية اتجاهية $\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{V}$ لان الذي يتغير هو اتجاه السرعة وليس مقدارها

س2/ علل مايلي :

(1) التوازن على الدراجة المتحركة اسهل من التوازن على دراجة واقفة .

ج / الدراجة المتحركة يعني لها سرعة وبذلك فانها تمتلك استمرارية دورانية اي كبر عزم قصورها الذاتي $I = mr^2$ لذلك فانها تمتلك زخم زاوي كبير $L = I\ \omega$ اثناء دورانها فتتمكن العجلة من التغلب على العزوم الخارجية (وزن الدراجة ووزن الراكب) المؤثرة فيها لذا تحافظ الدراجة على الدوران وبسرعة زاوية ثابتة الاتجاه تقريباً .

(2) يمكن لجسم ان يمتلك زخما زاويا على الرغم من ان الدفع الزاوي المؤثر فيه يساوي صفرا ؟

ج / لانه عندما تكون السرعة الزاوية ثابتة فالتغير بالزخم الزاوي يساوي صفراً

(التغير بالزخم الزاوي = عزم القصور الذاتي × التغير بالسرعة الزاوية)

$$\Delta L = I\Delta\omega$$

(3) يمد الشخص ذراعاه (أو يحمل بيده ساقا أفقية) عندما يمشي على حبل أفقي مشدود.

ج / لكي يزداد عزم القصور الذاتي $(I = mr^2)$ أي يحافظ على حالته الحركية.

المسائل

س1/ بدأت سيارة الحركة من السكون وكان قطر كل عجلة من عجلاتها 80 cm وتسارعت بانتظام فبلغت سرعتها 20 m/s خلال (25s) فما .

(1) التعجيل الزاوي لكل عجلة .

(2) عدد الدورات التي تدورها كل عجلة خلال تلك الفترة .

الحل/ نحول السرعة من خطية الى زاوية

(1) $\omega_2 = \frac{V}{r} = \frac{20}{0.4} = 50$ rad/sec

$\omega_2 = \omega_1 + \alpha t$

$\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t} = \frac{50-0}{25} = 2$ rad/s^2

(2) $\omega_2 = \frac{2\pi \times \text{عدد الدورات}}{r}$

$50 = \frac{2\pi \times \text{عدد الدورات}}{25}$

$1250 = 2\pi \times$ عدد الدورات

$\frac{1250}{2\pi} =$ عدد الدورات $\rightarrow \frac{625}{\pi} = \frac{625}{\frac{22}{7}} = \frac{7\times 625}{22}$

عدد الدورات = 99.43 دورة

طريقة اخرى

(2) $\theta = \omega_1 t + \frac{1}{2}\alpha t^2$

$\theta = 0 + \frac{1}{2}\times 2 \times 25^2$

$\theta = 625$ rad/s

عدد الدورات $= \frac{625}{\pi} = \frac{625}{\frac{22}{7}} = \frac{7\times 625}{22}$

عدد الدورات = 99.43 دورة

س2/ عجلة تدور بسرعة زاوية منتظمة اثر فيها عزم مضاد فتوقف عن الدوران بعد ان دارت (50rev) خلال (10s) مامقدار .

a) سرعتها الزاوية الابتدائية　　b) التعجيل الزاوي .

الحل/

(a) $\theta = (2\pi)$ (nu. rev)

$\theta = 2\pi \times 50 = 100\pi$ rad

$\theta = \frac{\omega_i + \omega_f}{2} \times t$

$100\pi = \frac{\omega_i + 0}{2} \times 10 \rightarrow \omega_i = 20\pi$ rad/s

$\omega_i = 20 \times 3.14 = 62.8$ rad/s

(b) $\alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t}$

$= \frac{0 - 62.8}{10}$

$= -6.28$ rad/s^2

الاشارة السالبة تعني

التعجيل تباطؤ

س3/ قرص نصف قطره (0.6m) وكتلته (80Kg) يدور بسرعة (3600rev/min) فما مقدار العزم المؤثر في القرص لايقافه عن الدوران خلال 20s .

الحل/

$I_{للقرص} = \frac{1}{2}mr^2$

$I_{للقرص} = \frac{1}{2}\times 80\times(0.6)^2 = 40\times 0.36 = 14.4\ Kg.m^2$

$\mathcal{T} = I\alpha \rightarrow \alpha = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t}$

ولكن $\omega_1 = \frac{2\pi \times \text{عدد الدورات}}{t} = \frac{2\pi \times 3600}{60} = 120\pi\ rad/s$

$\alpha = \frac{0-120\pi}{20} = -6\pi\ rad/s^2$ الاشارة السالبة تعني ان التعجيل تباطؤ حيث العزم عكس دوران القرص

$\mathcal{T} = 14.4\times(-6\pi) = 14.4\times(-6\times 3.14) = 271.296\ N.m$

س4/ عجلة قطرها 0.72 m وعزم قصورها الذاتي $4.8\ Kg.m^{2}$ اثرت في حافتها قوة مماسية مقدارها 10 N فبدات الحركة من السكون فما .

(1) التعجيل الزاوي (2) معدل القدرة الدورانية الناتجة من الشغل الزاوي المبذول خلال 4S .

الحل/

$\vec{\tau} = \vec{F}\times\vec{r} = I\alpha$

$10\times 0.36 = 4.8\times\alpha$

$\alpha = \frac{10\times 0.36}{4.8} = \frac{3}{4} = 0.75\ rad/s^2$

$P = \frac{W}{t} = \frac{\tau\times\theta}{t}$

$\theta = \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2 = 0 + \frac{1}{2}\times 0.75\times(4)^2 = \frac{1}{2}\times 0.75\times 16 = 6\ rad$

$P = \frac{W_{Rot}}{t} = \frac{\tau\times\theta}{t} = \frac{\vec{F}\times\vec{r}\times\theta}{t} = \frac{3.6\times 6}{4} = 5.4\ Watt$

س5/ قرص عزم قصوره الذاتي $1\ Kg.m^2$ كان يدور بسرعة زاوية منتظمة اثر فيه عزم مماسي مضاد فاوقفه عن الدوران بتعجيل زاوي منتظم بعد 4s فكان الشغل الزاوي المبذول 200 J فما مقدار العزم المؤثر المضاد .

الحل/ الشغل الدوراني = Δ الطاقة الحركية الدورانية

$W = \frac{1}{2}I(\omega_2^2 - \omega_1^2)$

$-200 = \frac{1}{2}I(0-\omega_1^2) \rightarrow -400 = \omega_i^2$

$\omega_1 = 20\ rad/s$

$\alpha = \frac{\omega_2-\omega_1}{t} = \frac{0-20}{4} = -5\ rad/s^2$

$= I\alpha \rightarrow = 1\times -5 = -5\ N.m$ العزم المؤثر المضاد

س6/ كرة صلدة كتلتها 0.5 Kg ونصف قطرها 0.2 m تدحرجت من السكون من قمة سطح مائل خشن ارتفاعه الشاقولي 7 m بدحرجة صرفه مامقدار الطاقة الحركية الكلية في اسفل السطح المائل علما ان $I = \frac{2}{5}mr^2$

الحل/ لدينا العلاقة : $I = \frac{2}{5}mr^2$ وبالتعويض بالعلاقة السابقة نحصل على:

$$I = \frac{2}{5}mr^2 = 0.4\times0.5\times(0.2)^2$$

$$I = 0.4\times0.5\times0.04 = 8\times10^{-3}\ Kg.m^2$$

$$mgh = (KE)_{total}$$

$$mgh = (KE_T)_f + (KE_{Rot})_f$$

$$mgh = \frac{1}{2}m v^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

$$mgh = \frac{1}{2}m v^2 + \frac{1}{2}(\frac{1}{2}mr^2)\frac{v^2}{r^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{10}{7}gh} = \sqrt{\frac{10}{7}\times10\times7} = \sqrt{100}$$

$$v = 10\ m/s$$

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{10}{0.2} = 50\ rad/s$$

$$(KE_T)_f = m v^2 = \frac{1}{2}\times0.5\times10^2$$

$$(KE_T)_f = 25\ J$$

$$(KE_{Rot})_f = \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}\times0.008\times(50)^2$$

$$(KE)_{total} = (KE_T)_f + (KE_{Rot})_f$$

$$= 25\ J + 10\ J$$

$(KE)_{total} = 35\ J$ طاقتها الحركية الكلية اسفل السطح المائل

التحقيق :

$$PE_g = (KE)_{total}$$

$$(KE)_{total} = mgh$$

$$= 0.5Kg\times 10\frac{N}{Kg}\times 7m$$

$$= 35\ N.m$$

$$(KE)_{total} = 35\ J$$

واجبات اضافية

س1/ ما الانطلاق الخطي الثابت لسيارة اذا كان نصف قطر اي من عجلاتها 35 cm وتكمل 10 دورات في الثانية الواحدة. ج/ $22\ \frac{m}{s}$

س2/ ساعد جدراية كبيرة طول عقرب الدقائق فيها 1.8 m أحسب:

1- السرعة الزاوية والتعجيل الزاوي لعقرب الثواني ج/ $\left(\frac{\pi}{30}\ \frac{rad}{sec}, 0\right)$

2- السرعة الخطية والتعجيل المركزي لنقطة تقع على الطرف الحر لعقرب الدقائق

ج/ $\left(3.14\times10^{-3}\ \frac{m}{s}, 5.48\times10^{-6}\ \frac{m}{s^2}\right)$

س3/ قرص يدور بسرعة زاوية $120\ \frac{r}{sec}$ تزداد سرعته بانتظام حتى تصل $660\frac{rev}{min}$ خلال 9sec أحسب:

1- التعجيل الزاوي للقرص ج/ $\left(2\pi\ \frac{rad}{sec^2}\right)$

2- التعجيل الخطي لنقطة تبعد 14 cm عن مركزه ج/ $\left(0.88\ \frac{m}{s^2}\right)$

س4/ تحرك جسيم من السكون بمسار دائري بتعجيل زاوي منتظم $\left(22\ \frac{rad}{sec^2}\right)$ كم تبلغ سرعته الزاوية بعد 20 sec وما عدد الدورات التي يدورها خلال تلك الفترة؟ ج/ $\left(440\ \frac{rad}{sec}, 700\ rev\right)$.

س 5/ جسيم يدور على مسار دائري بسرعة زاوية $900\frac{rev}{sec}$ بتباطؤ بانتظام حتى تصل سرعته $300\ \frac{rev}{sec}$ خلال (50 rev) احسب التعجيل الزاوي والزمن. ج/ $\left(-4\pi\ \frac{rad}{sec^2}, 5\ sec\right)$.

س6/ عجلة تدور بسرعة زاوية $\left(10\ \frac{rad}{sec}\right)$ اثر عليها عزم مدور فتغيرت طاقته الحركية الدورانية من (100J) الى (292J) بعد ان دارت $\left(\frac{12}{\pi}\ rev\right)$ فما مقدار ذلك العزم؟ وما الزخم الزاوي للعجلة بعد (1 sec) من تأثير العزم؟ ج/ $\left(8\ N.m, 28\ kg\ \frac{m^2}{s}\right)$.

س 7/ كرة وحلقة تتدحرجان على سطح أفقي خشن (بدون انزلاق) وصلتا الى أسفل مائل خشن ((بنفس السرعة)) الخطية لمركزي ثقليهما فصعدتا بدون انزلاق ووصلت الكرة الى ارتفاع 7m وتوقفت، فما الارتفاع الذي تصله الحلقة حتى تقف؟ ج/ (10 m)

الفصل السابع

الحركة الاهتزازية والموجية والصوت

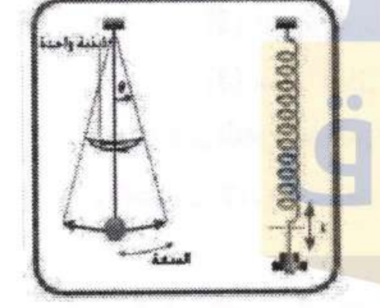
Wave and Vibration Motion and Sound

الحركة الدورية :

هي الحركة التي تعيد نفسها مراراً وتكراراً بفترات زمنية منتظمة حول موضع استقرارها. مثل حركة بندول ساعة جدارية – حركة اوتار الة موسيقية حركة ارجوحة اطفال – حركة بندول بسيط – حركة ثقل معلق بطرف نابض .

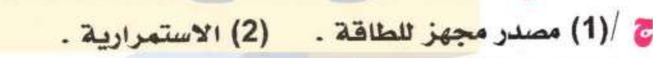


الحركة الاهتزازية :



هي حركة الجسم ذهاباً واياباً حول موضع استقراره في فترات زمنية متساوية وهي حالة خاصة من الحركة الدورية.

موضع الاستقرار: هي النقطة التي يتزن فيها الجسم المهتز عندما يكون ساكناً فيها.



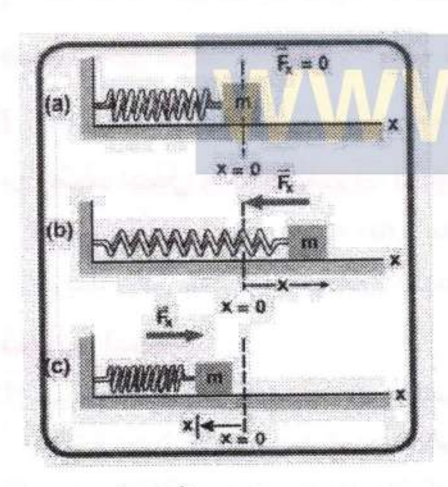
س/ ماهي الشروط لتوليد واستمرار الحركة الاهتزازية .

ج /(1) مصدر مجهز للطاقة . (2) الاستمرارية . (3) قوة معيدة .

س/ متى تتلاشى سعة الاهتزاز .

ج / عندما يكون هناك قوى مبدده للطاقة (مثل قوى الاحتكاك مع الوسط الذي تهتز فيه)

الحركة التوافقية البسيطة / وهي حالة خاصة من الحركة الاهتزازية



حركة الجسم كتلته (m) مربوط بنابض محلزن والطرف الآخر للنابض مثبت بجدار والكتلة (m) ساكنة في موضع استقرارها بالازاحة (X = 0)

فعندما تؤثر قوة سحب $\vec{F}$ في هذه الكتلة فانها ستزيحها ازاحة مقدارها X نحو اليمين عن موضع استقرارها وبهذا قد تم انجاز شغل مخزون على شكل طاقة كامنة للمرونة في النابض وبالمقابل فأن النابض سيؤثر بقوة $\vec{F_x}$ (قوة مرونة النابض) على كتلة m تحاول ارجاعها الى موضع استقرارها . ومن قانون نيوتن الثالث فأن قوة المرونة تساوي القوة المؤثر $\vec{F}$ بالمقدار وتعاكسها بالاتجاه .

ان قوة مرونة النابض تسمى (بالقوة المعيدة). ونفس الشيء سيحدث لو كبس النابض بقوة $\vec{F}$ القوة المعيدة للنابض يعبر عنها بقانون هوك وكما ياتي Spring force ($\vec{F}$) = – (spring constant × displacement)

$$\vec{F}_{res} = -KX$$

حيث F_{res} = القوة المعيدة تقاس بـ (Newton)

K = ثابت النابض تقاس (N/m)

X = الازاحة تقاس (بـ metere)

س/ علام يعتمد مقدار القوة المعيدة في النابض؟

ج / من خلال العلاقة $F_{res} = -kx$

فانه يعتمد على 1) ثابت مرونة النابض k

2) الازاحة المقطوعة عن موضع استقراره x

س/ على ماذا تدل الاشارة السالبة للقوة المعيدة في النابض؟

ج / تدل على ان أتجاه القوة المعيدة هو عكس اتجاه الازاحة المقطوعة.

س/ ماهي القوة المعيدة .

ج / هي القوة التي تعيد الجسم الى موضع استقراره عندما يبتعد عنها .

س/ ما سبب تولد القوة المعيدة في الحركة الاهتزازية؟

ج / غالباً ما تكون ناتجة عن قوة المرونة للجسم المهتز كما هو الحال في اهتزاز جسم معلق بنابض او الاوتار المهتزة. او تكون ناتجة من المركبة الافقية للوزن كما في حال حركة البندول البسيط.

ملاحظة / (1) عندما يكون الجسم في موضع استقراره فأن القوة المعيدة تساوي صفر..

(2) القوة المعيدة تتناسب طردياً مع الازاحة وباتجاه معاكس لها . (الاشارة سالبة)

(3) عند اهمال قوة الاحتكاك فأن الكتلة ستتحرك يميناً ويساراً بالسعة نفسها

وعليه فأن **الحركة التوافقية البسيطة** / هي حركة اهتزازية على خط مستقيم تتناسب فيها القوة المعيدة والتعجيل الناتج عنها طردياً مع الازاحة الحاصلة للجسم المهتز عن موضع استقراره وباتجاه معاكس لها .

$\vec{F}_{res} \propto -\vec{X} \rightarrow \vec{a}_T \propto -\vec{X}$

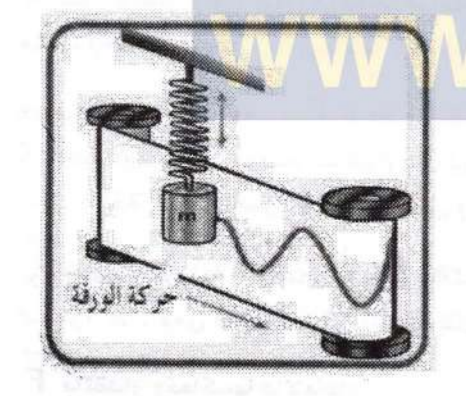
س/ هل ان كل حركة الاهتزازية هي حركة توافقية بسيطة؟

ج / كلا الا اذا كان مسارها على خط مستقيم.

س/ هل كل حركة توافقية بسيطة هي حركة أهتزازية؟

ج / نعم لانها تتكرر بفترات زمنية منتظمة ذهاباً وأياباً.

س/ كيف تمثل بنشاط الحركة التوافقية البسيطة بيانيا .

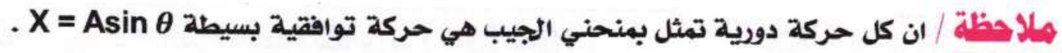


ادوات النشاط / جسم كتلته (m) ، نابض محلزن ، قلم يتحرك على شريط ورقي بياني ملفوف حول اسطوانة محورها شاقولي كما في الشكل .

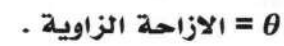
خطوات النشاط /

(1) نربط الكتلة m في الطرف الحر للنابض ثم نثبت قلم رصاص صغير بالكتلة بحيث يلامس رأسه شريطاً بيانياً ورقياً

(2) اسحب الكتلة بقوة الى الاسفل واتركها تتحرك بحرية حركة عمودية ثم دور الاسطوانة لكي ينسحب الشريط البياني افقياً سيظهر على الورقة التمثيل البياني للحركة التوافقية البسيطة والذي يشبه منحني الجيب ($\sin \theta$) او منحني جتا ($\cos \theta$)



ملاحظة / ان كل حركة دورية تمثل بمنحني الجيب هي حركة توافقية بسيطة $X = A\sin \theta$.



θ = الازاحة الزاوية .

A = سعة الموجة .

X = الازاحة .

تعاريف /

(1) الزمن الدوري (period) T حيث $T = \frac{\text{زمن عدة دورات}}{\text{عدد الدورات}}$ ويعرف بأنه هو الزمن الذي يستغرقه الجسم المهتز لأكمال ذبذبة واحدة

(2) التردد (frequency) : ويعرف بأنه عدد الاهتزازات التي يهتزها الجسم في الثانية الواحدة ويقاس بوحده الهيرتز (HZ) (ذبذبة / ثا) .

(3) الهيرتز : هو تردد الجسم المهتز الذي يكمل ذبذبة واحدة في الثانية

ان العلاقة بين T , f هو $f = \frac{1}{T} \quad , \quad T = \frac{1}{f}$

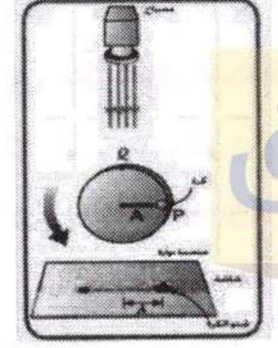
(4) **الهزة الكاملة/** هي حركة الجسم المهتز عند مروره بنقطة معينة على مسار حركته مرتين متتاليتين وبالاتجاه نفسه.

(5) **سعة الاهتزاز /** هي اعظم ازاحة للجسم المهتز عن موضع استقراره .

ملاحظة / سعة الاهتزاز هي طاقة الاهتزاز التي يمتلكها الجسم المهتز .



العلاقة بين الحركة الدائرية المنتظمة والحركة التوافقية البسيطة /

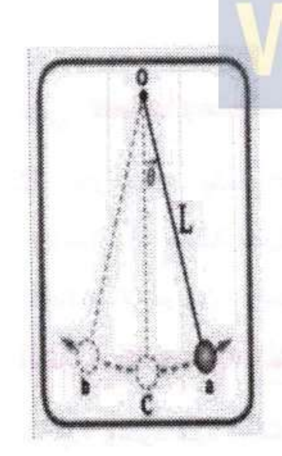


كرة صغيرة موضوعة على قرص يدور حركة دورانية منتظمة (بسرعة زاوية منتظمة ω) بحيث يسلط ضوء على الكره ليسقط ظلها شاقولياً على شاشة افقية موضوعة تحت القرص نلاحظ ان ظل الكره على الشاشة في مواقع مختلفة ويتخذ شكل موجة جيبية اي يتحرك الى الامام والخلف بحركة توافقية بسيطة . وكل حركة دورية يمكن تمثيلها بمنحني الجيب تعتبر حركة توافقية بسيطة $X = A \sin \theta$.

س/ هل الحركة الدائرية المنتظمة هي حركة دورية؟ وما وحدة قياسها؟

ج / نعم هي عدد الدورات في وحدة الزمن وتقاس بوحدة $\frac{rev}{sec}$ وتساوي (Hz) ويسمى بتردد الدوران $f=w=\frac{rev}{sec}$

البندول البسيط Simple pendulum /



هو كره معلقة بنهاية خيط طوله (L) مهمل الوزن وغير قابل للاستطالة ومثبت طرفه الآخر بنقطة ثابتة (0) . نسحب الكره جانباً ونتركها تهتز ذهاباً واياباً حول نقطة معينة تسمى موضع الاستقرار وبافتراض ان الازاحة صغيرة والزاوية التي يصنعها الخيط لاتتعدى $5°$ فأن حركة الكره هذه هي حركة توافقية بسيطة حيث تنتقل من a الى C الى b ثم تعود الى C ثم الى a وتكون قد تمت هزة كاملة



س/ متى تعد حركة البندول حركة توافقية بسيط؟

ج / عندما يضع الخيط زاوية مقدارها $5°$ مع الشاقول.

ملاحظة /

(1) ان قوة الشد T للخيط لاتؤثر على الحركة لانها عمودية على القوس .

(2) ان المركبة المماسية لوزن الكره $mg \sin \theta$ هي التي تسبب الحركة الاهتزازية للبندول وتسمى بالقوة المعيده F_{res} .

$$\vec{F}_{res} = -mg\sin\theta \qquad \sin\theta = \frac{\text{مقابل}}{\text{وتر}} = \frac{X}{L}$$

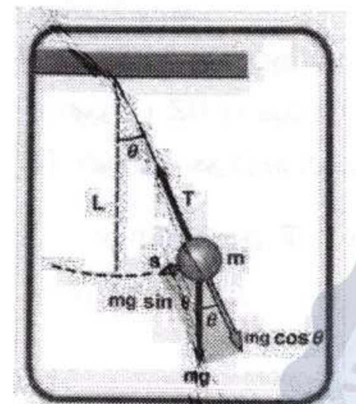
$$\vec{F}_{res} = -mg\frac{X}{L} \quad \text{----------} (1)$$

(3) الاشارة السالبة تعني ان اتجاه القوة المعيده عكس اتجاه الازاحة .

(4) ان القوة المعيدة F_{res} تشبه القوة المحركة في قانون هوك لنظام (نابض – جسم)

نعوض (2) في (1) (قانون هوك) ---------- (2) $\vec{F}_{res} = -KX$

$$-KX = -mg\frac{X}{L} \rightarrow K = \frac{mg}{L} \quad \text{---------- (3)}$$



ومن معادلة الزمن الدوري للحركة التوافقية البسيطة $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$

نعوض قيمة K من معادلة (3) في معادلة الزمن الدوري $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{mg/L}}$

حيث L طول الخيط $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

g التعجيل الارضي للجسم الساقط سقوط حر

T الزمن الدوري

لاحظ ان الزمن الدوري لايعتمد على كتلة ثقل البندول ولكنه يعتمد على طول البندول وتعجيل الجاذبية .

س/ هل تكون مدة ذبذبة بندول بسيط او نابض يهتز بسعة كبيرة أكبر أم أصغر؟

ج / لا تختلف لان زمن الذبذبة لا يعتمد على سعة الاهتزازية.

مثال1/ ساعة بندوليه طول خيطها 1m أحسب الزمن الدوري لها اذا كان بندولها يتأرجح ذهابا وايابا بحركة توافقية بسيطة علما ان $g = 9.8\ m/s^2$.

الحل/ (معادلة الزمن الدوري للبندول) $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

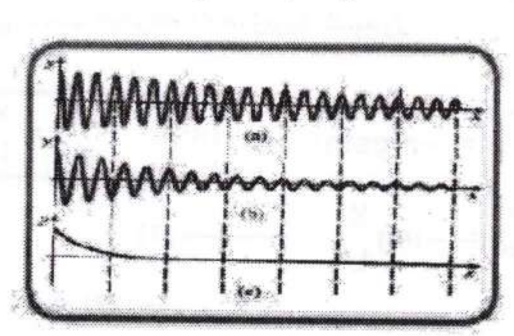
$$T = 2\times3.14\sqrt{\frac{1m}{9.8\ m/s^2}} = 2\times3.14\times\frac{1}{3.14}$$

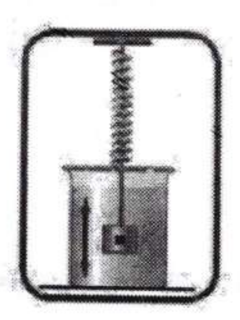
$$T = 2\ sec$$

علل/ عندما يتحرك البندول حركة توافقية بسيطة فأن الطاقة المنظومة محفوظة؟

ج / لان عندما يقطع البندول اعظم أزاحة عن موضع استقراره فأنه يمتلك أعظم طاقة كامنة ويتحول هذه الطاقة الكامنة الى طاقة حركية عند موضع استقراره ومن ثم تتحول الطاقة الحركية الى طاقة كامنة مرة اخرى عند الجانب الاخر من موضع استقراره.

الحركة التوافقية المضمحلة/ هي الحركة الاهتزازية التي تقل فيها سعة اهتزاز الجسم باستمرار حتى تتلاشى نتيجة وجود قوة احتكاك التي تسبب ضياع في الطاقة الحركية للجسم المهتز، كما في الشكل





س/ ما الذي يتطلب لكل يهتز اي نظام لفترة معينة من الزمن؟

ج / تزويده بالطاقة باستمرار لتعويض الطاقة المفقودة خلال كل ذبذبة وذلك ببذل شغل ضد قوى الاحتكاك كما في حالة دفع ارجوحة الاطفال باستمرار لتزويد النظام بما يخسره من الطاقة.

س/ ماهي فوائد الاهتزاز المضمحل.

ج / الاهتزاز المضمحل له فوائد عملية تطبيقية فمثلاً في منظومة امتصاص الصدمات في السيارة تقوم (الدبلات) ماصه الصدمات الموجودة بمنتصفها بتخميد الاهتزازات الناتجة من مرور السيارة على مطبات الطريق .

الحركة الموجية Wave motion /

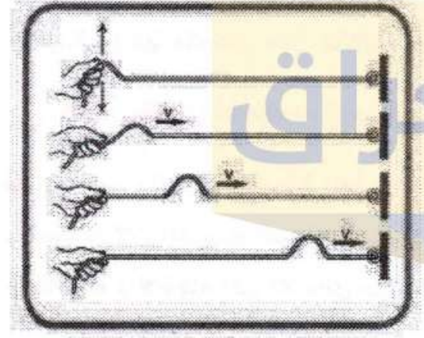
هي اضطراب ناتج من مصدر طاقة وتعد وسيلة لنقل الطاقة. **من الظواهر الموجية هي :**

(1) عند سقوط حجر في ماء ساكن تكون الموجات الناقلة للطاقة على شكل دوائر متحدة المركز .

(2) النغمات الموسيقية التي تصدر من الالات الموسيقية هي موجات .

(3) الصورة والصوت في التلفزيون هي موجات .

(4) حركة الموجات الزلزالية الناقلة للطاقة الى سطح الارض هي موجات .



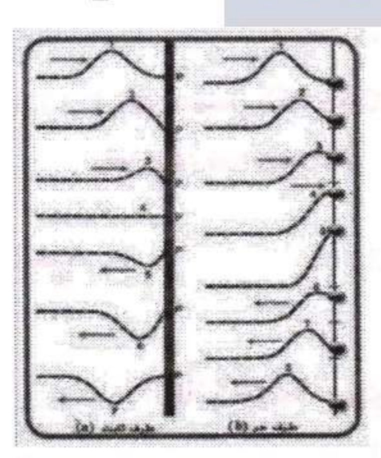
النبضات في وتر Pulses in astring /

وتر مثبتة نهايته بحائط ونحرك طرفه الآخر باليد وبسرعة كبيرة للاعلى والاسفل فأنه سيولد اضطراب (نبضه) وتنتقل هذه النبضة الى اجزاء الوتر جميعها ناقلة الطاقة (الكامنة والحركية) دون ان تنتقل جزيئات الوسط (الوتر) .

ان سرعة النبضة $\vec{V} = \frac{X}{t}$ حيث X الازاحة ان كل جسيم في الوتر يهتز حركة توافقية بسيطة الى الاعلى والاسفل ويسمى اقصى ازاحة للجزيئات عن موضع استقرارها (**بسعة النبضة**)

ان انطلاق الموجة في الوتر يعتمد على قوة الشد في الوتر T وعلى الكثافة الطولية (μ)(تقرأ ميو) حيث $\mu = \frac{m}{L}$ وهي كتله وحده الطول وتقاس بوحده $\left(\frac{Kg}{m}\right)$

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{T}{m/L}}$$



ان الطول الموجي λ (لمدا) : هو البعد بين كل قمتين متتاليتين او قعرين متتاليان

وأن T زمن الدورة الواحده : هو الزمن اللازم لاهتزاز اي نقطة في مسار الموجة دورة واحدة.

$$f = \frac{1}{T'} \quad , \quad V = \frac{\lambda}{T'} \Rightarrow \lambda = V.T'$$

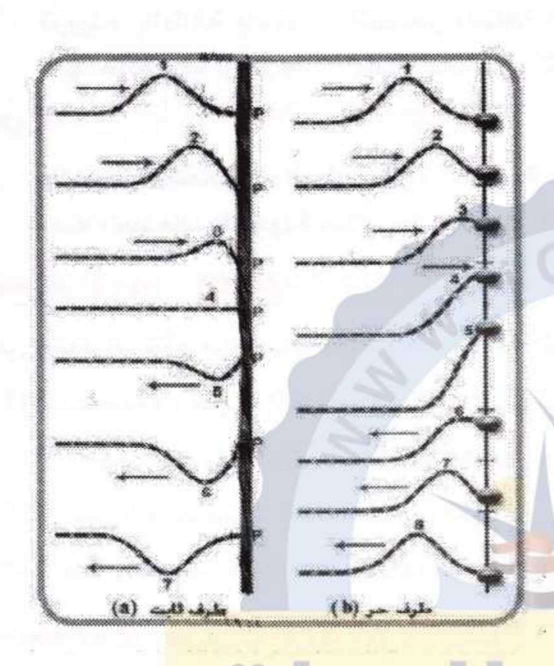
ملاحظة /

(1) العلاقة اعلاه تصلح لاي موجة .

(2) تردد الموجة هو نفسه تردد المصدر المولد له .

(3) سرعة الموجة يتوقف مقدارها على خواص الوسط الذي تنتقل فيه (مرونة وكثافة) .

انعكاس الموجة /



عند توليد موجة (نبضه) في طرف وتر وطرفه الاخر مثبت في حاجز او حائط فان النبضه ستنتقل الى الحاجز (الحائط) خلال الوتر نحو اليمين وتؤثر على الحائط بقوة (فعل) نحو الاعلى فأن الحائط سيؤثر على الوتر بقوة رد فعل مساوية له بالمقدار ومعاكسه له بالاتجاه نحو الاسفل تسبب في حركة الوتر نحو الاسفل فينخفض عن موضع استقراره وتنعكس النبضة (**القمة تنعكس قعراً والقعر ينعكس قمه**) بفرق طور مقداره (180°) عن النبضة الساقطة اما اذا كان الوتر حراً في ان يتحرك الى الاعلى والى الاسفل عند هذا الطرف فأن الموجة لاتنقلب في الطور ولكنها تنعكس (لايحدث فقدان طاقة عند الطرف الحر) .
وعليه نقول النبضة الموجية تنقلب بالانعكاس عند النهاية الثابتة ولكنها تنعكس دون انقلاب عند النهاية الحرة .

س/ ماذا يحصل للنبضة وتر مشدود المنعكسة عن حاجز ثابت؟ ولماذا؟

ج / يحصل لها انقلاب في الطور (°180) فالنبضة الساقطة (قمة) تنعكس قعراً وبالعكس. كما في الشكل (a)
والسبب/ لان النبضة الساقطة ستؤثر بقوة على الحاجز الثابت والحاجز سيؤثر بقوة رد فعل مساوية لها بالمقدار ومعاكسة بالاتجاه الى الاسفل مولداً نبضة معاكس للنبضة الساقطة.

س/ ماذا يحصل للنبضة لوتر مشدود المنعكسة عن حاجز حر؟ ولماذا؟

ج / لا يحصل لها انقلاب في الطور (°0) فالنبضة الساقطة (قمة) تنعكس قمة كما في الشكل (b) والسبب لان النبضة الساقطة سوف تؤثر بقوة للطرف الحر فيتحرك بأكبر ازاحة نحو الاعلى ثم يعود الى موضع استقراره مولداً نبضة منعكسة طورها مشابه للنبضة الساقطة.

مثال2 / وتر جيتار كتلته 20g وطوله 60cm مامقدار قوة الشد اللازمة في الوتر لكي تكون السرعة للموجة فيه 30m/s .

الحل/

$$V = \sqrt{\frac{T}{m/L}} \rightarrow T = \frac{mV^2}{L} \rightarrow T = \frac{\frac{20}{1000}\times(30)^2}{\frac{60}{100}} = \frac{0.02\times900}{0.6} = 30\ N$$

مثال / ما انطلاق موجة تسري في وتر مشدود بقوة 64N اذا كان كتلة 2m منه تساوي 320g؟

الحل/

$$m = \frac{320}{1000} = 0.32kg$$

$$V = \sqrt{\frac{T}{m/L}} = \sqrt{\frac{T.L}{m}} = \sqrt{\frac{64\times 2}{0.32}} = 20\frac{m}{s}$$

مثال / وتر في آلة موسيقية، كثافته الطولية تساوي ($0.02\frac{kg}{m}$) فأذا كانت قوة الشد في الوتر تساوي 8N جد:

1- انطلاق الوجه في الوتر   2 – اذا كان طول الوتر يساوي (70cm) فما هي كتلة الوتر؟

الحل/

(1) $v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}} = \sqrt{\frac{8}{0.02}} = \sqrt{\frac{8}{0.02}} = 20\text{m/s}$

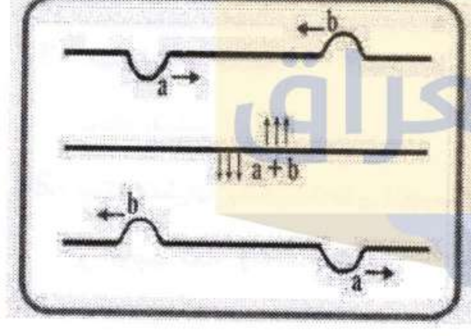
(2) $\mu = \frac{m}{L} \rightarrow 0.02 = \frac{m}{70\times10^{-2}}$

$m = 70\times10^{-2}\times0.02 = 0.014\text{kg}$

مبدأ التراكب / Principle of superposition

معنى التراكب بشكل مبسط هو الجمع . ضوء الشمس يتكون من سبعة الوان اي سبعة اطوال موجية متراكبة مع بعضها تعطي اللون الابيض . وعدةُ اصوات تلتقي وتعطي حركة موجية واحدةُ تسمى هذه الظاهرةُ بمبدأ تراكب الموجات .

التوضيح /



نبضتان تتحركان خلال نقطة في وتر فان الازاحة المحصلة في نقطة الالتقاء تساوي مجموعهما الاتجاهي . فالموجتان المتعاكستان بالاتجاه يتحركان في وتر واحد عند التقائهما في نقطة نحصل على نبضه محصلة . وكل منهما ستستمر في مسارها الاصلي بغض النظر عن وجود الاخرى . أن التقاء هذه النبضات يسمى (مبدأ التراكب) كذلك عندما تتحرك نبضتان خلال نقطة في وتر فأن سعه النبضة المحصلة في تلك النقطة تساوي مجموع السعتين للنبضتين في الوتر في تلك النقطة . اذا انتقلت نبضتان باتجاهتين متعاكسين (الاولى يمين والثانية يسار) لهما نفس السعة ، فرق الطور بينهما 180° فأن محصلة الازاحة للوتر في تلك النقطة تساوي صفر لأن الموجتين تلاشي كل منهما الاخرى . وان نقطة الالتقاء هذه تسمى (بالعقدةُ) ومن ثم تعود النبضات في مسارها الاصلي .

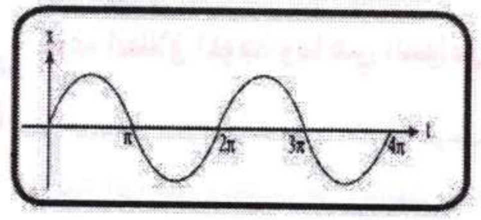
تراكب الموجات / **هي اتحاد موجتين أو اكثر بحيث ينتج من اتحادهما موجة جديدة سعتها أو طاقتها تساوي مجموع سعة كل من الموجتين المتراكبتين .**

الموجات الدورية / (تمتاز)

(1) هي موجات تعيد نفسها بفترات زمنية منتظمة .   (2) لها شكل الموجة الجيبية .

(3) يمكن تمثيلها بمنحني الجيب او منحني الجيب تمام (مثل موجة الماء وموجة الضوء) لاحظ الشكل اعلاه .

ان الحركة الاهتزازية لجسيمات الوسط المهتز هي حركة توافقية بسيطة عمودية على اتجاه الموجة وتمثل شكل موجة جيبية توصف الموجات الدورية بثلاثة كميات هي :



(أ) انطلاق الموجة (v)

(ب) طول الموجة (λ)

(جـ) تردد الموجة (f) وتربطهم العلاقة التالية .

$$v = f\lambda$$

Wave Speed = Frequency × Wave length

مثال3 / رادار يرسل موجات راديوية بزمن 0.08s وبتردد 9400 MHz اذا علمت ان سرعة الموجات الراديوية $C = 3 \times 10^8$ m/s . جد a) الطول الموجي b) عدد الموجات

الحل/

في الموجة الواحدة n = 1
$T \times f = 1$ ، $T = \frac{1}{f}$
$1MHz = 10^6$ Hz

(1) $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^8 \text{ m/s}}{9.4\times10^9 \text{ Hz}} = 3.19\times10^{-2}$ m

حيث f هو التردد ، λ الطول الموجي ، c سرعة الضوء

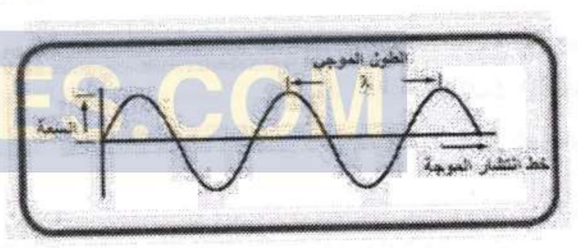
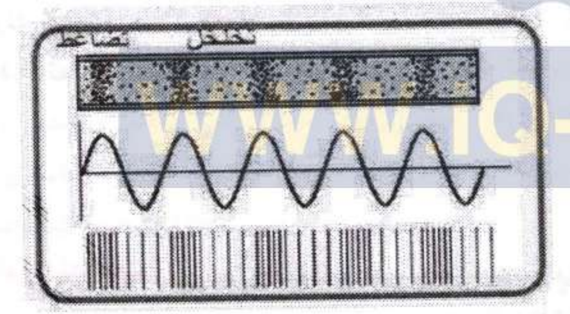
(2) $n = f\,t$ عدد الموجات

$n = ((9.4 \times 10^9)(8 \times 10^{-2}))$

$n = 75.2 \times 10^7$ wave

انواع الموجات / Kindes of eanes

نقسم الموجات حسب اتجاه الحركة الاهتزازية لجسيمات الوسط الى اتجاه انتشار الموجة الى .

الموجات المستعرضة trans verse waves	الموجات الطولية longitudinal wave
1- تهتز فيه جسيمات الوسط بأتجاه عمودي على اتجاه انتشار الموجة.	1- تهتز فيه جسيمات الوسط بأتجاه موازي لاتجاه انتشار الموجة.
2- يمكن تمثيلها بشكل منحني الجيب (Sine) او الجيب تمام (cosine)	2- يمكن تمثيلها بشكل خطوط مستقيمة متقاربة (التضاغط) او متباعدة (التخلخل) او بشكل منحني الجيب ويسمى بمنحني التضاغط والتخلخل.
	
3- تنتقل بشكل سلسلة من القمم والقعور.	3- تنتقل بشكل سلسلة من التضاغط والتخلخل.
4- تكون مكيانيكية تنتقل خلال الاوساط المرنة مثل الاجسام الصلبة او السطوح الحرة للسوائل (موجة البحر) او تكون كهرومغناطيسية تنتقل في الفراغ مثل الضوء.	4- تكون ميكانيكية فقط تنتقل خلال أي وسط ناقل مثل الصلب والسائل والغازية مثل الصوت.

س/ عرف انطلاق الموجة وما هي العوامل التي يعتمد عليها انطلاق الموجة ؟

ج/ هي المسافة التي تبتعد فيها قمة الموجة او قعرها او مركز تضاغطها او مركز تخلخلها عن مركز التموج في الثانية الواحدة وبحسب من القانون التالي $V = f\lambda$ وحدته m/sec

ويعتمد انطلاق أي موجة على : (1) نوع الموجة (2) طبيعة الوسط الناقل من حيث مرونتة وكثافته .

س/ على ماذا يعتمد انطلاق الموجة الطولية في الاوساط المختلفة .

ج / يعتمد : (1) معامل المرونة β ويتناسب طردياً مع الجذر التربيعي له .

(2) الكثافة الكتلية للوسط ρ ويتناسب عكسياً مع الجذر التربيعي له $V = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}}$

ρ رو ، β بيتا

الزلازل / هي موجات ثلاثية الابعاد تحت سطح الارض متكونة من نوعين من الموجات (موجة مستعرضة وموجة طولية) وتمتاز بالسعة والطاقة كبيرتان.

الصوت Sound /

هو شكل من اشكال الطاقة ينتقل من نقطة الى اخرى على شكل موجات طولية في الوسط المادي تصل الأذن وتسبب السمع . تستطيع الأذن البشرية تحسس الموجات الصوتية من التردد 20 هرتز إلى التردد 20000 هيرتز .

س/ ماهي شروط تولد الصوت وانتقاله .

ج / (1) وجود مصدر مهتز بتردد مناسب يولد الصوت .

(2) وجود وسط مادي ينقل الصوت لأن الصوت موجات ميكانيكية تحتاج الى وسط مادي لانتقالها ولا تنتقل بالفراغ .

كيفية توليد الصوت /

الجسم المهتز ينجز شغلاً على جسيمات الوسط المجاور له فيكسبها طاقة مولداً فيها تضاغط وبأنعكاس اتجاه الحكرة للجسم المهتز يتمدد الهواء مولداً تخلخاً وبأستمرار اهتزاز الجسم تتولد سلسلة من التضاغطات والتخلخلات تنتقل معها الطاقة الى الاذن فتتولد الاحساس بالصوت.

انطلاق الصوت /

الصوت موجات ميكانيكية طولية انطلاقها في الوسط المادي يعتمد على خواص ذلك الوسط في المرونة والكثافة .

أن انطلاق الصوت في المواد الصلبة اكبر من انطلاقه في المواد السائلة وانطلاقه في السوائل اكبر من انطلاقه في الغازات انطلاق الصوت في الاجسام الصلبة يعطى بالعلاقة التالية $V_s = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$.

حيث = V_s انطلاق الصوت . Y معامل يونك . ρ تمثل كثافة الوسط .

مثال / اذا طرق احد طرفي ساق من الالمنيوم بواسطة مطرقة فأنتشرت عبر الساق موجة طولية احسب انطلاق الصوت في ساق الالمنيوم علما ان معامل يونك (Y) للالمنيوم $7 \times 10^{10}\ N/m^2$ وان كثافة الالمنيوم $2.7 \times 10^3\ Kg/m^3$.

الحل/ انطلاق الصوت في الالمنيوم

$$V_s = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} = \sqrt{\frac{7\times10^{10}}{2.7\times10^3}} = \sqrt{25.9\times10^6} = 5.1\times10^3 = 5091\ m/s$$

انطلاق الصوت في الغازات /

يعتمد على (1) نوع الغاز (2) درجة الحرارة .

انطلاق الصوت في الهواء /

يعتمد على درجة الحرارة وفي درجة حرارة C° فأن سرعة الصوت هي (331 m/s) وعند ارتفاع درجة الحرارة درجة سيليزية واحدة يزداد الانطلاق بمقدار 0.6m/s بحسب انطلاق الصوت في الهواء في اي درجة حراره T بالعلاقة التالية . $v_s = 331 + 0.6\ T$ سرعة الصوت حيث T هي درجة الحرارة .

س علل / انطلاق الصوت يزداد بزيادة نسبه الرطوبة فيه .

ج / لأن زيادة نسبة البخار في الهواء تقلل من كثافة الهواء فيزداد انطلاق الصوت لأن الانطلاق يتناسب عكسياً مع الكثافة

انطلاق الصوت في السوائل /

يعطى بالعلاقة التالية $v_s = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}}$ حيث β معامل مرونة السائل ، ويقاس بوحده N/m^2 ، ρ كثافة السائل Kg/m^3

مثال4/ احسب انطلاق الصوت في الماء الذي معامل مرونته $2.1\times10^9 N/m^2$ وكثافته $1\times10^3\ Kg/m^3$

ج/ انطلاق الصوت في الماء $v_s = \sqrt{\frac{\beta}{\rho}} = \sqrt{\frac{2.1\times10^9}{1\times10^3}} = 1450\ m/s$

* انطلاق الصوت في الاوساط الصلبة أكبر من السوائل
وانطلاق الصوت في السوائل أكبر من الغازات.

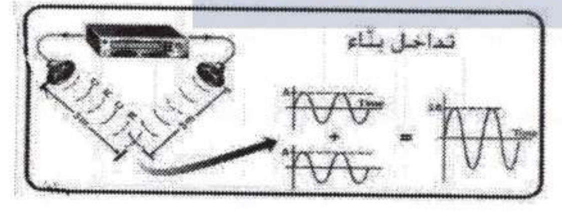
تداخل الموجات Interferenec of wave /

هو اتحاد موجتين او اكثر من نوع واحد في وسط واحد وفي وقت واحد .

س/ متى يكون التداخل واضح ومستمر .

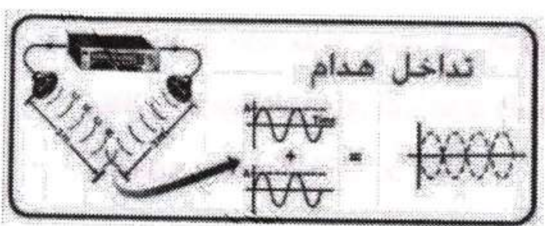
ج /عند تكون الموجات المتداخلة (بنفس السعة اي بنفس الطور وبنفس التردد) وهذا النوع من التداخل يقسم قسمين

(1) تداخل بناء constructive Interfernce :



هو تداخل ناتج من التقاء قمة موجة مع قمة موجة اخرى او التقاء قعري الموجتين ويحدث تقوية بين الموجات المتداخلة وفرق الطور بينهما (0°) صفراً.

(2) تداخل هدام Interferrence destructive :



هو تداخل ناتج من التقاء قمة موجة مع قعر موجة اخرى (يدعى هذا التداخل بالتداخل الإتلافي) حيث تلغي الموجات بعضها لان فرق الطور بينهما (180°).

الرنين Rosonance /

اذا أثرت قوة خارجية دورة في نظام مهتز وكان تردد القوة المؤثرة f يساوي تردد الطبيعي للنظام fo اي ان f=fo.

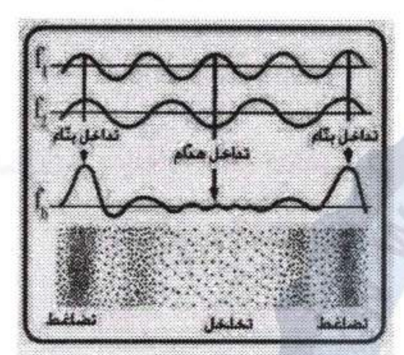
س/ ماهي مميزات الجسم المهتز في حالة الرنين .

ج / (1) سعة الاهتزاز باكبر قيمة . (2) تزداد طاقة الجسم المهتز وتصل اكبر قيمة لها .

فكر / لايسمح لمجموعة من الجنود السير على جسر بانتظام .

ج/ لأن سير الجنود بنظام سيولد موجات من نوع واحد وبتردد واحد وسعه واحدة تتداخل مع بعضها تداخل بناء يؤدي الى زيادة السعة وبالتالي زياده الطاقة والقوة تؤثر على الجسر فتجعله يهتز اضطرارياً فاذا ما تساوي مع التردد الطبيعي للجسر قد يؤدي ذلك الى انهياره.

الضربات Beats



هي التغير الدوري في الشدة عند نقطة نتيجة تراكب موجتين لهما ترددان مختلفان أختلافاً صغيراً.

* ان تردد الضربات f_β يساوي الفرق بين ترددي المصدرين

ووحدة قياسية $\frac{bea}{sec}$ $f_\beta = f_1 + f_2$

س/ متى يمكن ادراك ظاهرة الضربات بسهولة؟

ج/ (1) ان يكون الفرق بين تردد الموجتين المتداخلتين لا يتجاوز 10HZ.

(2) قدرة الأذن البشرية على التمييز لذلك الفرق.

تعليل ظاهرة الضربات:

ان الاختلاف القليل في تردد الموجتين المتداخلتين سيؤدي الى حدوث تغيير تدريجي في فرق الطور بين الموجتين لذلك فأن الموجة الناتجة عن تداخلهما ستكون متغيرة السعة مع مرور الزمن لان التداخل سيتغير بصورة دورية بين التداخل البناء والهدام.

ملاحظة / اذا اهتزت شوكتان رنانتان معاً وكانتا مختلفتين بالتردد فان تردد الصوت المسموع منهما يساوي معدل ترددیهما . $f = \frac{f_1 + f_2}{2}$

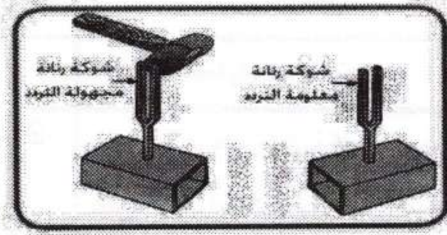
س/ ماهي التطبيقات العملية لظاهرة الضربات في الصوت .

ج / (1) لتعين تردد مجهول لشوكة رنانة بواسطة شوكة رنانة اخرى .

(2) لتعين تردد وتر مشدود في آلة موسيقية .

(3) تنغيم آلالات الموسيقية الوترية .

مثال5 / يراد تعيين تردد شوكة رنانة طرقت بالقرب من اخرى مهتزة بتردد 446 HZ فسمعت منها 7 beats/sec فكم هو تردد الشوكة المجهولة .



الحل/

$f_\beta = f_1 - f_2$

Either $6 = f_1 - 446$

$\therefore f_1 = 453$ Hz

OR $7 = 446 - f_2$

$\therefore f_2 = 439$ Hz

مثال1 / طرقت شوكة رنانة ترددها 300HZ مع شوكة رنانة ترددها اقل من تردد الشوكة الاولى بقليل فسمعت منها $5\,\frac{beats}{sec}$ كم هو تردد الشوكة المجهولة؟

الحل/ بما ان تردد الشوكة المجهولة اقل من المعلومة عندها ستكون العلاقة

$f_\beta = f_1 - f_2$

$5 = 300 - f_2$

$f_2 = 295\ H_2$

مثال2 / شوكتان متماثلتان تردد كل منهما 31oHZ وضعت حلقة صغيرة في احد فرعي احداهما فطرقتا فسمعت $5\,\frac{beats}{sec}$ ما تردد الشوكة المثقلة ؟

الحل/ بما ان تردد الشوكة المثقلة اقل من تردد الشوكة الاولى عندها

$f_{\beta} = f_1 - f_2$

$5 = 310 - f_2 \Rightarrow f_2 = 305\ HZ$

مثال3 / شوكة رنانة مهتزة ترددها 105HZ استعملت لتعيين تردد سلك في بلة موسيقية يهتز بالتوافقية الاولى (بالتردد الاساس) فسمعت $5\,\frac{beats}{sec}$ وعندما زيدت قوة الشد في السلك مع بقاء طوله ثابت تولدت $5\,\frac{beats}{sec}$ أيضا فكم كان تردد السلك قبل وبعد زيادة قوة الشد؟

الحل/

$f_{\beta} = f_{fork} - f_1$

$5 = 105 - f_1 \Rightarrow f_1 = 100\ HZ$ قبل زيادة قوة الشد

$f_{\beta} = f_2 - f_{fork}$

$5 = f_2 - 105 \Rightarrow f_2 = 110\ HZ$ بعد زيادة قوة الشد

فكر / كيف يمكنك الحصول على ظاهرة الضربات باستعمال شوكتين رنانتين متساوتين بالتردد .

نأخذ شوكتين رنانتين متساويتان بالتردد ونطرق الاثنين معاً فيحصل ظاهرة الرنين نثقل احداهما لتقليل ترددها بشكل صغير ونطرقهما سوية سنسمع الصوت يعلو مرة ويخفت مرة وهذه هي ظاهرة الضربات . نحسب كم مرة يعلو الصوت ونقسمه على الفترة الزمنية ينتج لدينا تردد الضربات . تردد الضربات = $\frac{\text{عدد الضربات}}{\text{الزمن}}$

س/ مالفرق بين الرنين والضربات من حيث التردد وطريقة توليدها .

ت	الرنين	الضربات
1	التردد متساوي للشوكتين	التردد مختلف اختلاف قليل بين الشوكتين
2	يتم عند طرق شوكة واحده تؤثر على الاخرى المساوية لها بالتردد	يتم عند طرق الشوكتان في نفس الوقت بينهما اختلاف قليل بالتردد

الموجات الواقفة / Standing wave

هي تلك الموجات التي تنشأ من تراكب سلسلتين من الموجات متساوية في التردد والسعة تسيران في اتجاهين متعاكسين بالانطلاق نفسه وفي وسط واحد . تتألف الموجة الواقفة من .

(1) عقد (وهي نقاط تنعدم فيها سعة الاهتزاز والطاقة والسرعة للجسميات الوسط).

(2) بطون (وهي نقاط تتحرك فيها جزيئات الوسط حركة توافقية بسيطة وبسعات مختلفة وتحدث اعظم سعه وسرعة في مركز البطن) .

$$L = \frac{\lambda}{2} \times n$$

$$v = \lambda f$$

$$f = \frac{v}{\lambda} \rightarrow f = n\frac{v}{2L}$$

L طول الوتر
n عدد البطون = 1,2,3
λ طول الموجة

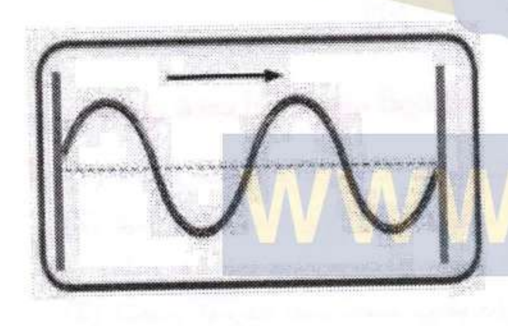
عندما n = 1 فأن $f_1 = \frac{v}{2L}$ حيث يعرف f_1 بالتردد الاساسي او النغمة التوافقية الاولى

عندما n = 2 فأن $f_2 = 2\frac{v}{2L} = 2f_1$ حيث يعرف f_2 بتردد النغمة التوافقية الثانية وهكذا

س/ اشرح بتجربة كيف تتولد الموجة الواقفة .

ادوات النشاط / حبل طوله 4m

خطوات النشاط / نثبت احد طرفي الحبل في الجدار ثم شده من الجهة الثانية وحرك طرف الحبل باستمرار حتى تتولد سلسلة من الموجات تنعكس عند نهاية الحبل وترتد باتجاه معاكس وتلتقي مع الموجات الساقطة مكونة مايسمى بالموجة الواقفة وينقسم الحبل الى عدة مناطق تتكون من عقد وبطون تنعدم سعة الاهتزاز في العقد وكذلك طاقتها وسرعتها بينما تزداد السعة والطاقة والسرعة عند البطون



مثال6 / وتر طوله 42 cm تولدت فيه موجة واقفة تتألف من ستة بطون بانطلاق 84 m/s جد طول الموجة وتردداته التوافقية الاولى والثانية .

ج/ حيث n عدد البطون $0.42 = 6 . \frac{\lambda}{2}$ $L = \frac{\lambda}{2} \times n$

طول الموجة الواقفة $\lambda = \frac{0.42}{3} = 0.14m$

اما تردداته الاولى والثانية نجدها بتطبيق العلاقة $f = n . \frac{v}{2L}$

تردد النغمة التوافقية الاولى $f_1 = \frac{1 \times 84}{2 \times 0.42} = 100$ Hz

تردد النغمة التوافقية الثانية $f_2 = \frac{2 \times 84}{2 \times 0.42} = 200$ Hz

اي ان $f_2 = 2 f_1$

مثال / استعمل مذبذب تردده (20HZ) في تنغيم وتر كثافته الطولية($8 \times 10^{-3} \frac{kg}{m}$) وبطول ثابت (1.25m) وتحقق حالات الرنين في هذا الوتر بتغيير مقدار الشد فيه. أحسب قوة الشد في الوتر عندما يهتز:

1 - ببطن واحدة 2- ببطنين

الحل/

$$L = n\frac{\lambda}{2} \rightarrow \lambda = \frac{2L}{n}$$

(1) $n = 1 \rightarrow \lambda = \frac{2\times 1.25}{1} = 2.5m$

$$V = \lambda f = 2.5\times 20 = 50\frac{m}{s}$$

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \rightarrow 50 = \sqrt{\frac{T}{8\times 10^{-3}}} \rightarrow T=20N$$

(2) $n = 2 \rightarrow \lambda = \frac{2\times 1.25}{2} = 1.25m$

$$V = \lambda f = 1.25\times 20 = 25\frac{m}{s}$$

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \rightarrow 25 = \sqrt{\frac{T}{8\times 10^{-3}}} \rightarrow T= 5N$$

س/ ماهي مميزات الموجة الواقفة.

ج/ (1) لاتنقل طاقة لانها تحدث في وسط محدد بين نقطتين ثابتتين.
(2) تهتز الجسيمات في البطن الواحدة بطور واحد (فرق الطور = صفر) في آن واحد بينما تهتز الجسيمات في بطنين متتالين بطور معكاس (فرق الطور 180) .
(3) تنعدم الحركة عند العقد بينما تزداد سعة الاهتزاز والسرعة لجزيئات الوسط عند البطون عندها تكون سعة اهتزاز الوتر عند البطن يساوي ضعف سعة اهتزاز المصدر.
(4) تردد الجسم المهتز في الموجة = تردد الجسيم المهتز نفسه في الموجة المتنقلة .

س/ اين تحدث الموجات الواقفة.

ج / (1) في اهتزاز الاوتار (2) في الاعمدة الهوائية للآلات الموسيقية .

خصائص الصوت:

س / ماهي الخصائص الاساسية للصوت.

ج / (1) علو الصوت (2) درجة الصوت (3) نوع الصوت .

علو الصوت /

هو احساس يشعر به السامع ويتوقف على : (1) شدة الصوت المسموع (2) تردد الموجة الصوتية

ملاحظة / يزداد علو الصوت بزيادة شده الصوت بثبوت التردد .

س/ عرف شده الصوت .

ج / هو المعدل الزمني لمقدار الطاقة الصوتية لوحده المساحة العمودية من جبهة الموجة التي مركزها تلك النقطة.

شدة الصوت = $\frac{\text{القدرة الصوتية}}{\text{المساحة}}$ اي $I = \frac{P}{A}$

حيث P = القدرة الصوتية مقدرة بالواط Watt .

A = المساحة مقدرة بـ m^2 حيث A مساحة كرة $A = 4\pi r^2$

I = شدة الصوت مقدرة $watt/m^2$.

س/ علام تعتمد شدة الصوت في نقطة .

ج / (1) بعد النقطة عن المصدر (تناسب عكسي) $I \propto \frac{1}{r^2}$

(2) سعة اهتزاز المصدر وتردده (تناسب طردي) $I \propto$ مربع السعة و $I \propto$ مربع التردد

(3) المساحة السطحية للسطح المهتز (تناسب طردي)

(4) كثافة وسط الانتشار (تناسب طردي) $I \propto \rho$

مستوى شدة الصوت /

هي العلاقة بين الاحساس بعلو الصوت وشدته عند تردد معين وان هذه العلاقة لوغارتمية

ملاحظات /

(1) تتحسس الاذن البشرية وبصورة جيدة الصوت الذي يقع تردده بين 20000 HZ – 20 HZ حيث الترددات الاعلى من 20000 تسمى موجات فوق السمعية والترددات الاقل من 20 Hz تسمى موجات تحت السمعية .

(2) تتحسس الاذن البشرية بصورة جيدة الصوت الذي شدته من 10^{-12} $watt/m^2$ الى 1 $watt/m^2$ عندما يكون التردد للصوت 1000 HZ .

(3) عندما تكون شدة الصوت $10^{-12}\ \frac{Watt}{m^2}$ فهي بداية السمع وتسمى بعتبه السمع .

(4) اعظم شده للصوت المسموع وبصورة جيدة هي 1 $\frac{Watt}{m^2}$ ويسمى بعتبه الالم (لأن الاعلى منها يسبب الم وتصدع في الرأس) .

(5) مستوى شده الصوت L_o عند عتبة السمع هو Zero dB (صفر ديسبيل) حيث

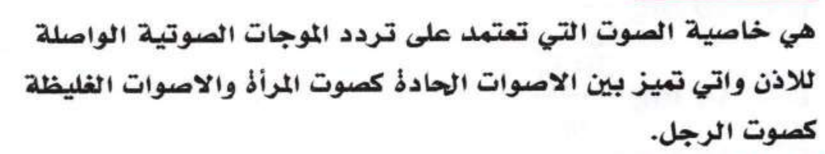
$$L_0 = 10 Log \frac{10^{-12}}{10^{-12}} = 10 Log_{10}(1) = 10 \times 0 = 0$$

(6) مستوى شدة الصوت L_I عند عتبة الالم هو 120 dB

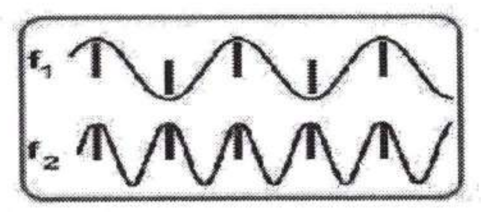
$$L_I = 10 \log \frac{1}{10^{-12}} \Longrightarrow L_I = 10 \log 10^{12}$$

$$L_I = 120 \text{ dB}$$

درجة الصوت /



هي خاصية الصوت التي تعتمد على تردد الموجات الصوتية الواصلة للاذن واتي تميز بين الاصوات الحادة كصوت المرأة والاصوات الغليظة كصوت الرجل.



نوع الصوت / هي الخاصية التي نستطيع بواسطتها التميز بين صوتين لهما نفس الشده والدرجة ولكنهما صادران من مصدرين مختلفين .

نوع الصوت يعتمد على : (1) المادة المصنوع منها المصدر . (2) طريقة توليد الصوت .

مثال7 / وضعت آلتان متماثلتان على البعد نفسه من عامل شدة الصوت الواصل من كل آلة لموقع العامل هو $2x\ 10^{-7}\ Watt/m^2$ اوجد مستوى شده الصوت المسموع من قبل العامل .

(a) عندما تعمل احدى الالتان . (b) عندما تعمل الالتان معاً .

الحل / (a) نحسب مستوى الشده L_1 عند موضع العامل عندما تعمل احدى الالتان من المعادلة التالية

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_o}$$

$$L_{I1} = 10 \log_{10} \frac{2 \times 10^{-7}\ Watt/m^2}{1 \times 10^{-12}\ Watt/m^2} = 53\ dB$$

(b) تتضاعف الشده الى $4 \times 10^{-7}\ Watt/m^2$ ولذلك يكون مستوى الشده في هذه الحالة هو

$$L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_o}$$

$$L_{I2} = 10 \log_{10} \frac{4 \times 10^{-7} Watt/m^2}{1 \times 10^{-12}\ Watt/m^2} = 56\ dB$$

الفرق بين مستوى الشدتين هو 3 dB عندما تتضاعف الشده .

فكر / يعزف عازف الكمان لحناً منفرداً وبعد ذلك ينظم اليه تسع عازفين والجميع يعزفون الشد نفسها التي عزف بها الاول .

(a) عندما يعزف كل العازفين معاً كم هو مستوى شده الصوت للمجموعة .

(b) اذا انظم عشرة عازفين آخرين كم يزداد مستوى شدة الصوت عن حالة العازف الواحد .

الحل / من العلاقة $L = 10 \log \frac{I}{I_0}$ نلاحظ ان العلاقة بين I , L علاقة لوغارتمية

حيث $Log_{10}2 = 0.3$

$Log_{10}3 = 0.477$

$Log_{10}4 = 0.602$

اذا كانت شدة الصوت الصادرة عن كل كمان I_0

(1) والشدة الكلية عندما تعمل كل الات الكمان $I = 10\ I_0$

$$L_1 = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$L = 10 \log \frac{10\ I_0}{I_0}$$

$$L = 10 \log 10 \qquad (\log 10 = 1)$$

$$L = 10\ dB$$ مستوى الشدة لعشرة عازفين معاً

(2) الشدة الكلية عندما تعمل عشرين آلة كمان

$$1 = 20\ I_0$$

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

$$L = 10 \log \frac{20\ I_0}{I_0}$$

$$L = 10 \log 20$$

$$L = 10 \log (2 \times 10)$$

$$L = 10 [\log 2 + \log 10]$$

$$L = 10 [0.3 + 1]$$

$$L = 10 [1.3] = 13 dB$$

الموجات فوق السمعية /

هي موجات ميكانيكية تنتشر بسرعة الصوت نفسها الا انها ذات تردد عالي يزيد عن 20000Hz ومن تطبيقاتها العملية .

(1) تعين ابعاد واعماق البحار وذلك بارسال اشارة من موجات فوق الصوتية الى عمق البحر وبواسطة جهاز تستقبل الاشارة ومن حساب الزمن المستغرق يقاس البعد بالعلاقة $V = \frac{1}{2}Xt$

(2) الكشف عن مواقع الاسماك في البحار .

(3) كشف العيوب في المعادن من وجود صدوع او شقوق او فقاعات .

(4) في الفحوصات الطبية والجراحية وتفضل على اشعة X مثلاً في اضرار الاشعاع .

(5) للقضاء على بعض انواع البكتريا وتوقف بعض الفيروسات .

(6) في التعقيم والتنقية والصقل .

(7) تخريم الزجاج والسيراميك .

(8) في الطب للتدليك بسبب اهتزازها السريع .

(9) تحطيم الحصى في الكلى .

فكر / تفضل الدلافين الموجات فوق السمعية لتحديد موقعاً ما بطريقة الصدى على استعمال الموجات السمعية .

الجواب / ان ترددات الموجات فوق السمعية عالية فاطوالها الموجية قصيرة فتكون بحزم ضيقة لا تتركز طاقتها فتنفذ لمسافات بعيدة .

س/ كيف تستخدم الامواج فوق السمعية في التعقيم لقتل الجراثيم او تفتت حصى الكلى ؟

ج / عند مرور موجات فوق السمعية في سائل تزداد سرعة وتعجيل جسيمات الوسط المتذبذبة ونتيجة لذلك تحدث انقطاعات في اتصالات السائل تظهر باستمرار وهذه الانقاطاعات تمثل فقاعات وعند اختفاء الانقطاعات يحدث ارتفاع لحظي في الضغط يصل الاف المرات بقدر الضغط الجوي لذا تقوم بتفتيت مايوجد في سائل من جزيئات او كائنات حية

س/ كيف تستثمر الموجات فوق السمعية في الفحوص الطبية والجراحية ؟

ج / من خلال تسليط حزمة من الموجات فوق السمعية على الجزء المراد فحصه واستقباله الموجة المنعكسة على جهاز الكتروني متصل بشاشة تلفزيونية تظهر عليها صورة المنطقة المراد فحصها.

س/ علل/ يفضل استعمال الموجات فوق السمعية في الفحوصات الطبية على الاشعة السينية (x-ray) ؟

ج / لانها غير ضارة على اعضاء الجسم مقارنة بالاشعة السينية.

تأثير دوبلر Doppler Effect :

هي ظاهرة التغيير في التردد المسموع عن تردد المصد عند وجود حركة نسبية بين السامع أو المصدر.

* اذا كانت الحركة تسبب اقتراب المصدر والسامع من بعضهما فان التردد الظاهري (تردد الصوت المسموع) يكون اكبر من التردد الاصلي للمصدر . اما اذا كانت الحركة تؤدي الى ابتعاد المصدر والسامع عن بعضهما فأن التردد الظاهري (تردد الصوت المسموع) يكون اقل من التردد الاصلي للمصدر.

الصيغة العامةلقانون دوبلر:

لحساب التردد الظاهري (تردد الصوت المسموع) في حالة حركة المصدر او السامع او كليهما نطبق قانون دوبلر.

$$f' = \left(\frac{V - V_0}{V - V_s}\right)f$$

حيث/ f' تردد الصوت المسموع

f التردد الاصلي للمصدر

V سرعة الصوت في المصدر (الهواء مثلاً)

V_0 سرعة السامع

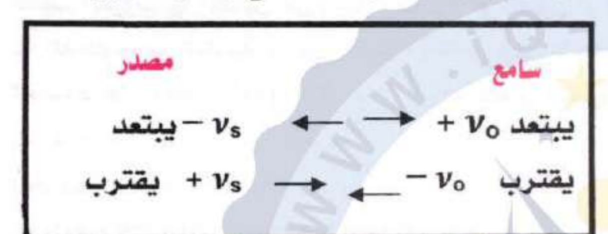
V_s سرعة المصدر

مع مراعات مایاتي عند تطبيق هذا القانون :

(1) كل ساكن (مصدر الصوت أو السامع) نعوض عن قيمة سرعته صفر.

(2) اذا كان المصدر متحرك بسرعة v_s مقترب من السامع الساكن فنعوض عن مقدار سرعة المصدر باشارة موجبة . واذا كان المصدر يتحرك بسرعة v_s مبتعداً من السامع الساكن فنعوض عن سرعة المصدر بالاشارة السالبة .

(3) اذا كان السامع يتحرك بسرعة v_o باتجاه المصدر الساكن فنعوض عن مقدار سرعة السامع باشارة سالبة اما اذا كان السامع يتحرك بسرعة v_o مبتعداً عن المصدر الساكن فنعوض عن سرعة السامع باشارة موجبة .



مثال8 / سيارة تتحرك في خط مستقيم بانطلاق ثابت (72 Km/h) نسبة الى رجل واقف على الرصيف وكان منبه الصوت في السيارة يصدر صوت بتردد (644 Hz) وانطلاق الصوت في الهواء حينذاك (342m/s) احسب مقدار كل من التردد الذي يسمعه الرجل والطول الموجي المسموع عندما تكون السيارة متحركة . a) نحو الرجل b) بعيدا عن الرجل

الحل / القانون العام لدوبلر $f' = \left(\frac{v-v_o}{v-v_s}\right) \times f$

(a) المصدر المصوت يقترب من السامع فان سرعة المصدر تكون موجبة .

نحول من كم / ساعة الى م / ثا $V_s = \frac{7\times1000}{3600} = 20 m/s$

$$f' = \frac{342-0}{342-(+20)} \times 644 = \frac{342}{322} \times 644 = 684\ Hz$$

الطول الموجي المسموع $\lambda' = \frac{V}{f'} = \frac{342}{684} = 0.5 m$

(b) بما ان المصدر المصوت يبتعد عن السامع فأن سرعة المصدر تعوض باشارة سالبة (لانها عكس اتجاه انتشار الصوت)

$V_s = -20 m/s$ ،

$$f' = \frac{342-0}{342-(-20)} \times 644 = \frac{342}{362} \times 644 = 608.42\ Hz$$

الطول الموجي المسموع $\lambda' = \frac{V}{f'} = \frac{342}{608.42} = 0.562\ m$

مثال9 / راكب دراجة يتحرك بسرعة 5 m/s بخط مستقيم نسبة الى مصدر مصوت ساكن يبعث بصوت تردده (1035 Hz) وكان انطلاق الصوت في الهواء حينذاك (345 m/s) احسب مقدار كل من التردد والطول الموجي الذي يسمعه راكب الدراجة اذا كان متحركاً . a) نحو المصدر b) بعيد عن المصدر

الحل/ $f' = \frac{V-V_o}{V-V_s} \times f$

a) السامع (راكب الدراجة) يتحرك نحو المصدر فأن سرعة السامع $v_o = -5\ m/s$ (اشارة سالبة)

$$f' = \frac{345-(-5)}{345-0} \times 1035 = \frac{350}{345} \times 1035 = 1050\ Hz$$

عندما يكون المصدر ساكن فأن الطول الموجي للصوت الذي يبعثه المصدر لايتغير فيكون $V = \frac{\lambda}{f}$

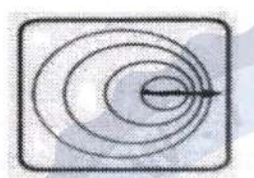
$$\lambda' = \lambda = \frac{V}{f'} = \frac{345}{1035} = 0.33\ m$$

b) بما ان السامع (راكب الدراجة) يتحرك بعيداً عن المصدر فتكون سرعة السامع $V_0 = (+5\ m/s)$ باشارة موجبة .

$$f' = \frac{345-(+5)}{345-0} \times 1035 = \frac{340}{345} \times 1035 = 1020\ Hz$$

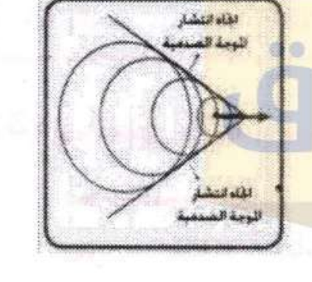
$$\lambda' = \lambda = \frac{V}{f'} = \frac{340}{1035} = 0.33\ m$$

موجة الرجة (الرجة الصدمية) /



(1) عندما تطير طائرة بسرعة اقل من سرعة الصوت .
فان جبهات الموجة الواقعة امام الطائرة تكون متقاربة فتولد موجات ضغطية بسبب حركة الطائرة .

(2) عندما تزداد سرعة الطائرة فان جبهات الموجة امام الطائرة تتقارب اكثر فاكثر وان المراقب يسجل تردد اعلى وعندما تتحرك الطائرة بسرعة الصوت فان جبهات الموجة تزدحم امام الطائرة وتسير بسرعة الصوت مكونة حاجز من الهواء وبضغط عالي يسمى حاجز الصوت



(3) عندما تسير الطائرة بسرعة اكبر من سرعة الصوت فأن جبهات الموجة تزدحم واحده فوق الاخرى مكونة سطح مخروطي يسمى بموجات الصدم او **موجة الرجة /** وهي الموجة التي تتركز الطاقة بشدة عالية في منطقة تولدها تكون في مقدمة الطائرة واخرى في مؤخرة الطائرة وتسمع يشكل صوت مدوي ويكون غلاف الجبهات مخروطي الشكل ونصف زاوية راسه تعطى بالعلاقة .



V سرعة الموجة (الصوت) , V_s سرعة المصدر (الطائرة) $\sin\theta = \frac{Vt}{V_s t} = \frac{V}{V_s}$

ترمز النسبة $\frac{V_s}{V}$ بعدد ماخ وجبهة الموجة المخروطية عندما $V_s > V$ (سرعة فوق صوتية) تعرف على انها موجة صدمية كما في حال حركة طائرة نفاثة بسرعة فوق الصوتية فتنتج عنها موجات صدمية وهي التي تحدث الصوت العالي المدوي الذي نسمعه تحمل الموجة الصدمية مقدار ضخم من الطاقة مركزه في وسط المخروط والذي يحدث تغير كبير في الضغط وهي ضارة بالسمع وتسبب اضراراً بالمباني عندما تطير الطائرة على ارتفاعات منخفضة

توضيح للطالب /

(1) لو كانت سرعة الطائرة ضعف سرعة الصوت فان الزاوية 30. $\sin\theta = \frac{1}{2} \rightarrow \theta = 30°$

(2) لو كانت سرعة الطائرة ثلاثة امثال سرعة الصوت فان الزاوية 20 $\sin\theta = \frac{1}{3} \rightarrow \theta = 20°$

واضح انه كلما ازدادت سرعة الطائرة فان الزاوية تقل كذلك فان عدد ماخ في الحالة الاولى = 2
وفي الحالة الثانية عدد ماخ = 3 وهكذا لأن عدد ما خ هو $\frac{V_s}{V} = \frac{\text{سرعة الطائرة}}{\text{سرعة الصوت}}$

فكر / طائرة تحلق في الجو بسرعة ثابتة انتقلت من كتلة هوائية باردة الى كتله هوائية ساخنة هل ان عدد ماخ يزداد – يقل او يبقى ثابت .

ج / كما نعلم ان سرعة الصوت تزداد عندما تزداد درجة الحرارة وعليه فان عدد ماخ هو النسبة بين

$\frac{V_s}{V} = \frac{\text{سرعة الطائرة}}{\text{سرعة الصوت}}$ = عدد ماخ لذلك نقول ان عدد ماخ سيقل .

اسئلة الفصل السابع

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل مماياتي :

(1) اي من التالي لايؤثر في الزمن الدوري للبندول البسيط الذي يهتز في الهواء .

a) طول الخيط
b) كتلة الكرة
C) التعجيل الارضي في موقع البندول
d) قطر الكره

الجواب / هو b) كتلة الكرة من العلاقة التالية $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

(2) بندول بسيط طول خيطه 2m والتعجيل الارضي $10m/s^2$ فان عدد الاهتزازات الكاملة له خلال 5min هي .

a) 1.76
b) 21.6
C) 106
d) 236

الجواب / هو C) 106

التوضيح / $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{L}} \rightarrow f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{10}{2}} \rightarrow f = 0.355$

ولكن $f = \frac{n}{T} \rightarrow fT = n$

$n = 0.355 \times 5 \times 60 = 106$

(3) تمر ثمان موجات عبر نقطة معينة كل 12s وكانت المسافة بين قمتين متتاليتين هي 1.2m فان سرعة الموجة تكون .

a) 0.667 m/s
b) 0.8 m/s
C) 1.8 m
d) 9.6 m/s

الجواب / هو b) 0.8

التوضيح الطول الموجي $V = \lambda . f \rightarrow V = \lambda . \frac{n}{T}$

$V = 1.2 \times \frac{8}{12} = 0.8\ m/s$

(4) في اي مما ياتي لايحدث تاثير دوبلر .

a) مصدر الصوت يتحرك باتجاه المراقب
b) مراقب يتحرك باتجاه مصدر الصوت
C) مراقب ومصدر ساكنين احدهما بالنسبة للآخر
d) المراقب والمصدر يسيران باتجاهين متعاكسين

الجواب / هو c) مراقب ومصدر ساكنين احدهما بالنسبة للآخر

(5) راكب حافلة يمر بالقرب من سيارة متوقفة على جانب الطريق وقد اطلق سائق السيارة المتوقفة صوت المنبه ماطبيعة الصوت الذي نسمعه .



a) الصوت الاصلي للمنبه ترتفع درجته
b) الصوت الاصلي للمنبه تنخفض درجته
C) صوت تتغير درجته من مقدار كبير الى مقدار صغير
d) صوت تتغير درجته من مقدار صغير الى مقدار كبير

مراقب
سيارة متوقفة

الجواب / هو d) صوت تتغير درجته من مقدار صغير الى مقدار كبير.

توضيح/ في حالة اقتراب السامع من المصدر الساكن فان التردد الظاهري يزداد وبذلك يزداد درجة الصوت المسموع ففي حالة اقتراب راكب الحافلة من السيارة المتوقفة فانه سيسمع صوت تزداد درلاجته درلايجيا

(6) الزمن الذي يحتاجه الجسم المهتز لاكمال هزه واحدة .

a) الهيرتز b) الزمن الدوري C) السعة d) التردد

الجواب / هو b) الزمن الدوري T

(7) الموجات الميكانيكية المستعرضة تتحرك فقط خلال .

a) الاجسام الصلبة b) السوائل C) الغازات d) كل ماذكر اعلاه

الجواب/ a) الاجسام الصلبة

التوضيح/ الموجات الميكانيكية المستعرضة يمكنها النفاذ في الاوساط المرنة التي تتوافر بين جزيئاتها قوى تماسك كافية ليتمكن الجزيء المهتز تحريك الجزيئات المتجاورة بصورة عمودية على اتجاه انتشار الموجة مثل الاجسام الصلبة ولا يمكنها النفاذ في الهواء لعدم توافر تلك القوى بين جسيماتها.

(8) عند زيادة شدة الصوت 10 مرات يزداد مستوى الشدة الى .

a) 100 dB
b) 20 dB
C) 10 dB
d) 2 dB

التوضيح /

$$L_o = 10\text{Log}\frac{I}{I_0} \rightarrow L_I = 10\text{Log}\frac{10I}{10^{-12}}$$

$$L_I = 10\left[\text{Log}10 + \text{Log}\frac{I}{10^{-12}}\right] = 10 + 10\text{Log}\frac{I}{10^{-12}}$$

$$L_I = 10 + L_o \rightarrow L_I - L_o = 10\text{ dB}$$

الجواب / هو c) 10 dB

(9) انطلاق الصوت في الهواء هو دالة .

a) الطول الموجي b) التردد C) درجة الحراره d) السعة

الجواب / هو c) درجة الحرارة

التوضيح/ لأن انطلاق الصوت يزداد بزيادة درجة الحراره (طردياً) وعكسياً مع الكثافة اي بزيادة الرطوبة تزداد سرعة الصوت .

س2/ ماالميزة التي يجب ان تتوفر في حركة الجسم لتكون حركة توافقية بسيطة

ج / عندما تكون سعة اهتزاز الجسم صغيرة لاتزيد عن 5° عند ذلك تعتبر حركته حركة توافقية بسيطة .

س3/ كم مرة يتارجح طفل على ارجوحة مرورا بموقع الاستقرار خلال زمن دورة واحدة

ج / مرتين

س4/ ماذا يحصل للزمن الدوري في بندول بسيط توافقي .

(a	عند مضاعفة طوله	ج/	يزداد بمقدار $\sqrt{2}$ T من القانون $\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{L_1}{L_1}} = \sqrt{\frac{2L_1}{L_1}} = \sqrt{2} \Rightarrow T_2 = \sqrt{2}\ T_1$
(b	عند مضاعفة كتلته		لايتغير لأنه لايعتمد على الكتلة
(C	عند مضاعفة سعة اهتزازه		لا يتغير الزمن لانه يعتمد فقط على طول البندول والتعجيل الارضي

س5/ هل يختلف الزمن الدوري للبندول البسيط التوافقي المهتز عند مستوى سطح البحر عن الزمن الدوري لمثيله يهتز على قمة جبل ؟ ولماذا .

ج / نعم يتاثر وفق العلاقة حيث العلاقة عكسية بين $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

كلما ارتفعنا الى الاعلى فان g تقل وعليه T تزداد

المسائل

س1/ ما الزمن الدوري لبندول بسيط يهتز توافقيا (12) دورة خلال 2 min

ج/ $f = \frac{12}{2x60} = \frac{12}{120} = 0.1\ HZ \rightarrow T = \frac{1}{f} = \frac{1}{0.1} = 10\ sec$

س2/ طائرة مروحية على بعد 10 m عن سامع تبعث صوتها بانتظام في جميع الاتجاهات فاذا كانا مستوى الشده لصوتها 100 dB يتحسسه هذا السامع فما .

(a مقدار القدرة الصوتية الصادرة عن هذه الطائرة .

(b المعدل الزمني للطاقة الصوتية الساقطة على طبلة اذن سامع مساحتها $8 \times 10^{-3}\ m^2$

الحل /

a) $L_I = 10 Log\frac{I}{I_0} \rightarrow 100 = 10 Log\frac{I}{I_0}$

$10 = Log\frac{I}{I_0} \rightarrow \frac{I}{I_0} = 10^{10}$

ولكن عتبة السمع I_0 تساوي $10^{-12}\ w/m^2$ فان $\frac{I}{10^{-12}} = 10^{10}$

∴ شدة صوت الطائرة عند اذن السامع $I = 10^{-2}\ w/m^2$

معدل قدرة الطائرة $I = \frac{P_{av}}{A} \rightarrow P_{av} = I \times A \rightarrow P_{av} = 10^{-2} \times 4\pi r^2 = 4\pi$ watt

b) $I = \frac{P_{av}}{A} \rightarrow 10^{-2} = \frac{P_{av}}{8 \times 10^{-3}}$

المعدل الزمني للطاقة الصوتية الساقطة على طبلة اذن السامع $P_{av} = 8 \times 10^{-5}$ watt

---

س3/ احسب التغير في مستوى شدة الصوت المنبعث من مذياع اذا تغيرت قدرة الصوت من 250 x 10-3 Watt الى 25 x 10-3 Watt .

الحل /

$I_1 = \frac{P1}{A} = \frac{25x10^{-3}}{A}$

$L_1 = 10 \text{ Log } \frac{\frac{25x10^{-3}}{A}}{10^{-12}} \Rightarrow L_1 = 10 \log \frac{25x\,10^{-3}}{A\,x\,10^{-12}}$

$L_1 = 10 \log \frac{25\,x\,10^{9}}{A}$

$I_2 = \frac{P2}{A} = \frac{250x10^{-3}}{A} \Rightarrow L_2 = 10 \log \frac{250x10^{-3}}{\frac{A}{10^{-12}}}$

$L_2 = 10 \log \frac{250x10^{9}}{A}$

$\Delta L = L_2 - L_1 = 10 \log \frac{250x10^{+9}}{A} - 10 \log \frac{25x10^{+9}}{A}$

$\Delta L = 10 \text{ Log}_{10} \frac{\frac{250x10^{+9}}{A}}{\frac{25x10^{+9}}{A}} = 10 \log_{10} 10$

$\Delta L = 10 \text{ dB}$

س4/ تبلغ القدرة الصادرة من صافرة $3.5\pi\ m\ W$ على اية مسافة تكون شدة الصوت $1.2\times10^{-4}\ \frac{W}{m^2}$

الحل /

$I = \frac{P}{A} \rightarrow I = \frac{P}{4\pi r^2} \rightarrow r^2 = \frac{P}{4\pi I}$

$r^2 = \frac{3.5\pi \times 10^{-3}}{4\pi \times 1.2\times10^{-4}} \rightarrow r^2 = 7.292 \rightarrow r = 2.7\ m$

س5/ ما النسبة بين شدتي صوتين بالنسبة لسامع اذا كان الفرق بين مستوى شدتيهما 40 dB

$L_2 - L_1 = 40$

$10 \log_{10} \frac{I_2}{10^{-12}} - 10 \log_{10} \frac{I_1}{10^{-12}} = 40$

$\text{Log}_{10} \frac{\frac{I_2}{10^{-12}}}{\frac{I_1}{10^{-12}}} = 4 \Rightarrow \text{Log}_{10} \frac{I_2}{I_1} = 4 \rightarrow \frac{I_2}{I_1} = 10^4$

س6/ ساعة جدارية تصدر دقاتها صوتا قدره $4\pi \times 10^{-3}$ هل يستطيع شخص اعتيادي سماع هذه الدقات اذا كان يقف على بعد 15 m منها .

$$I = \frac{P}{A} = \frac{4\pi \times 10^{-3}}{4 \times \pi \times 15^2} = \frac{10^{-3}}{225} = 0.444 \times 10^{-6}\ \text{Watt/m}^2$$

لاحظ ان اقل شدة تستطيع الاذن سماعها هي 10^{-12} w/m² واعلى شدة تستطيع الاذن سماعها هو 1 w/m²

وحيث ن شدة صوت دقات الساعة هو أصغر من $10^{-6}\ \frac{W}{mL}$ لذلك لا يستطيع الشخص الاعتيادي سماع هذه الدقات

س7/ آلة موسيقية وترية كتلة وترها 15 g وطوله 50 cm ومقدار شدة الوتر 25N احسب انطلاق الموجة في هذا الوتر.

$$v = \sqrt{\frac{T}{\frac{m}{L}}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{T.L}{m}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{25x\ 50x10^{-2}}{15x10^{-3}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{125x\ 10}{15x10^{-3}}} \rightarrow v = \sqrt{\frac{25x10^2}{3}} = \frac{50}{\sqrt{3}} = \frac{50}{1.73} = 29\ \text{m/s}$$

س8/ ما أنطلاق مصدر مصوت إذا كان متحركا بسرعة منتظمة نسبة الى فتاة واقفة عندما تسمع تردد صوت المصدر يزداد بمقدار 5% من تردده الحقيقي وكان انطلاق الصوت في الهواء انذاك 340 m/s .

$\Delta f = \frac{5}{100} f = 0.05 f$

$\Delta f = f' - f$

$\therefore f' = f + \Delta f = f + 0.05 f = 1.05 f$

$f' = \left(\frac{v - v_o}{v - v_s}\right) x\ f$

مصدر متحرك صوت V_s = + يقترب

سامع ساكن فتاة $V_0 = 0$

$1.05\ f = \frac{340}{340 - v_s} x\ f$

$1.05\ (340 - v_s) = 340$

$357 - 1.05\ v_s = 340$

$357 - 340 = 1.05\ v_s$

$17 = 1.05\ v_s$

$v_s = \frac{17}{1.05} = 16.19\ \text{m/s}$